

**LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**POTENSI FUNGSIONAL *RESISTANT STARCH* TIPE 3
DARI KACANG-KACANGAN DENGAN PERLAKUAN
AUTOCLAVING MULTISIKLUS UNTUK PENCEGAHAN
DIABETES MELLITUS TIPE II**

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Oleh:

Nani Ratnaningsih, S.T.P., M.P. (NIDN 0011137205)
Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, M.S. (NIDN 0023034904)

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing
Nomor: 28/HB-Multitahun/UN 34.21/2013

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOVEMBER 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Potensi Fungsional Resistant Starch Tipe 3 dari Kacang- kacangan dengan Perlakuan Autoclaving Multisiklus Untuk Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe II

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : NANI RATNANINGSIH

NIDN : 0013117205

Jabatan Fungsional :

Program Studi : Tata Rias Dan Kecantikan

Nomor HP : 085643011397

Surel (e-mail) : nratnaningsih@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : YUSTINUS MARSONO

NIDN : 0023034904

Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS GADJAH MADA

Institusi Mitra (jika ada) :

Nama Institusi Mitra :

Alamat :

Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 50.000.000,00

Biaya Keseluruhan : Rp. 125.000.000,00

Mengesahkan
Dekan, FPM UNY

(Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.)
NIP/NIK 195602161986031003

Yogyakarta, 13 - 12 - 2013,
Ketua Peneliti,


(NANI RATNANINGSIH)
NIP/NIK 19721113199702001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNY

(Prof. Dr. Anik Ghufro)
NIP/NIK 196211111988031001

POTENSI FUNGSIONAL *RESISTANT STARCH* TIPE 3 DARI KACANG-KACANGAN DENGAN PERLAKUAN *AUTOCLAVING* MULTISIKLUS UNTUK PENCEGAHAN DIABETES MELLITUS TIPE II

Tim Peneliti:

¹Nani Ratnaningsih (NIDN 0011137205) dan ²Y. Marsono (NIDN 0023034904)

¹⁾ Jurusan Pendidikan Teknik Boga dan Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

²⁾ Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari potensi fungsional *resistant starch* tipe 3 (RS3) pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multisiklus untuk pencegahan penyakit DM tipe 2. Tujuan spesifik penelitian tahun pertama adalah menemukan proses ekstraksi pati dari kacang-kacangan, yaitu kacang merah, kacang hijau, kacang tunggak, kacang koro putih, dan kacang koro pedang, dan untuk mempelajari sifat fisikokimia (komposisi kimia, warna, kadar amilosa, dan tipe kristal) pati alami kacang-kacangan tersebut.

Sampel penelitian terdiri dari kacang merah (*Vigna umbellata*), kacang hijau (*Vigna radiata*), kacang tunggak (*Vigna unguiculata*), kacang koro putih (*Phaseolus sp*), dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*). Langkah penelitian tahun pertama terdiri dari: 1) ekstraksi pati kacang-kacangan dengan *wet milling*; dan 2) analisis sifat fisikokimia pati alami kacang-kacangan meliputi komposisi kimia (kadar air, abu, lemak, protein), warna, kadar amilosa, dan tipe kristal.

Hasil penelitian pada tahun pertama berupa pati alami kacang-kacangan, yaitu pati kacang merah, pati kacang hijau, pati kacang tunggak, pati kacang koro putih, dan pati kacang koro pedang. Rendemen pati berkisar dari 7,69% (kacang koro putih) sampai dengan 25,49% (kacang merah). Komposisi kimia (% berat kering) meliputi kadar air berkisar dari 8,39% (pati kacang koro pedang) sampai dengan 13,30% (pati kacang koro putih), kadar abu berkisar dari 0,15% (pati kacang tunggak) sampai dengan 0,30% (pati kacang koro putih), kadar protein berkisar dari 0,12% (pati kacang koro putih) sampai dengan 0,80% (pati kacang hijau), dan kadar lemak berkisar dari 0,16% (pati kacang koro pedang) sampai dengan 0,79% (pati kacang koro putih). Kadar amilosa pati alami kacang-kacangan bervariasi dari 38,20% (pati kacang tunggak) sampai dengan 61,50% (pati kacang koro pedang). Warna semua sampel pati alami kacang-kacangan cenderung ke putih dengan nilai L berkisar dari 94,44 (pati kacang tunggak) sampai dengan 96,25 (pati kacang koro pedang), nilai a berkisar dari -1,15 (pati kacang hijau) sampai dengan 0,94 (pati kacang tunggak), dan nilai b berkisar dari 3,87 (pati kacang merah) sampai dengan 8,08 (pati kacang hijau). Struktur kristalin pati kacang-kacangan mempunyai tipe C dengan puncak utama pada 15°, 17°, dan 23° 2 θ pada semua sampel pati alami kacang-kacangan kecuali pada pati kacang tunggak yang terdapat puncak tambahan pada 18° 2 θ .

Kata-kata kunci: *resistant starch* tipe 3, pati kacang-kacangan, *autoclaving* multisiklus, Diabetes Mellitus tipe II

FUNCTIONAL POTENCY OF RESISTANT STARCH TYPE 3 FROM LEGUMES WITH AUTOCLAVING MULTICYCLES TREATMENT FOR PREVENTION OF DIABETES MELLITUS TYPE II

Researcher teams:

¹Nani Ratnaningsih (NIDN 0011137205) and ²Y. Marsono (NIDN 0023034904)

¹⁾ Department of Education of Food Processing, Faculty of Engineering, Yogyakarta State University

²⁾ Department of Food and Agricultural Product Technology, Faculty of Agricultural Technology, Gadjah Mada University

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the functional potency of resistant starch type 3 (RS3) from legume starch with autoclaving multicycles treatment for prevention of Diabetes Mellitus type II. The specific objective of the first year was to find the process of starch extraction from legumes, i.e. kidney bean, mung bean, cowpea, white pea, and sword bean, and to evaluate the physicochemical properties (chemical composition, color, amylose content, and crystalline type) native legume starches.

Research samples consisted of kidney beans (*Vigna umbellata*), mung beans (*Vigna radiata*), cowpeas (*Vigna unguiculata*), white peas (*Phaseolus sp.*), and sword beans (*Canavalia ensiformis*). Research was done in two steps, i.e. starch extraction of legumes with wet milling method, and physicochemical properties analysis of the native legume starches including chemical composition (water, ash, lipid, protein content), color, amylose content, and crystalline type.

The yield of starch ranged from 7.69 % (white peas) to 25.49 % (kidney bean). Chemical composition (% dry weight) included the water content ranged from 8.39 % (sword bean starch) to 13.30 % (white pea starch), ash ranged from 0.15 % (cowpea starch) to 0.30 % (white pea starch), protein ranged from 0.12 % (white pea starch) to 0.80 % (mung bean starch), and lipid ranged from 0.16 % (sword bean starch) to 0.79 % (white pea starch). Amylose content of native legume starches ranged from 38.20 % (cowpea starch) to 61.50 % (sword bean starch). All native legume starches had similar color and tend to white with *L* (lightness) values ranged from 94.44 (cowpea starch) to 96.25 (sword bean starch), *a* values (greeness/redness) ranged from -1.15 (mung bean starch) to 0.94 (cowpea starch), and *b* values (yellowness/blueness) ranged from 3.87 (kidney bean starch) to 8.08 (mung bean starch). Crystalline structure of native legume starches had type C with the main peaks at 15°, 17°, and 23° 2 θ in all samples except cowpea starch had an additional peak at 18° 2 θ .

Keywords: resistant starch type 3, legume starch, autoclaving multicycles, Diabetes Mellitus Type II

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa atas selesainya penyusunan laporan hasil penelitian Hibah Bersaing Tahun I dengan judul *POTENSI FUNGSIONAL RESISTANT STARCH TIPE 3 DARI KACANG-KACANGAN DENGAN PERLAKUAN AUTOCLAVING MULTISIKLUS UNTUK PENCEGAHAN DIABETES MELLITUS TIPE II*.

Dalam penelitian dan penyusunan laporan ini banyak pihak yang telah membantu. Untuk itu dengan kerendahan hati kami mengucapkan terima kasih yang sangat tulus kepada :

1. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian.
2. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu proses penelitian.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu perizinan penelitian.
4. Koordinator Laboratorium Kimia, Jurusan PTBB, Fakultas Teknik UNY yang telah memberikan izin penelitian.
5. Koordinator Laboratorium Kimia dan Biokimia, Jurusan TPHP, Fakultas Teknologi Pertanian UGM yang telah memberikan izin penelitian.
6. Teknisi dan mahasiswa yang telah membantu pelaksanaan proses penelitian.

Akhir kata, tiada kesempurnaan yang terdapat di dunia ini selain Dia Yang Maha Sempurna. Semoga laporan hasil penelitian hibah bersaing ini dapat digunakan sebagai informasi yang penting dalam pemecahan masalah ilmu pengetahuan, teknologi dan seni di bidang pertanian.

Yogyakarta, November 2013

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
BAB 4. METODE PENELITIAN	14
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	29
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Tipe-tipe RS, resistensi di usus halus, dan sumber bahan pangan (Fuentes-Zaragoza dkk, 2010)	6
Tabel 2.	Kandungan RS pada legume	9
Tabel 3.	Rancangan penelitian dan target luaran pada penelitian tahun pertama	18
Tabel 4.	Komposisi kimia sampel biji kacang-kacangan (% berat kering)	20
Tabel 5.	Rendemen pati kacang-kacangan (%)	22
Tabel 6.	Komposisi kimia pati kacang-kacangan (% berat kering)	22
Tabel 7.	Hasil pengukuran warna pati alami kacang-kacangan	24
Tabel 8.	Kadar amilosa pati kacang-kacangan (% berat kering)	24
Tabel 9.	Karakteristik puncak utama (<i>major peaks</i>) pada difraktogram pati alami kacang-kacangan	27
Tabel 10.	Komposisi pakan perlakuan	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	<i>State of the art</i> penelitian	5
Gambar 2.	Bagan alir penelitian	15
Gambar 3.	Langkah penelitian tahun I	16
Gambar 4.	Sampel kacang-kacangan yang diteliti	20
Gambar 5.	Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B	26
Gambar 6.	Difraktogram pati kacang-kacangan	27

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|------------|---|
| Lampiran 1 | Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Bersaing Nomor subkontrak: 447a/HB-Multitahun/UN34.21/2013 tanggal 13 Mei 2013 |
| Lampiran 2 | Berita acara seminar proposal penelitian |
| Lampiran 3 | Berita acara seminar hasil penelitian |
| Lampiran 4 | Curriculum vitae peneliti |
| Lampiran 5 | Data penelitian dan analisis data |
| Lampiran 6 | Draft Publikasi |

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Permasalahan Penelitian

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit sistem metabolik dengan karakteristik hiperglikemia kronik karena gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein sebagai akibat kerusakan sekresi insulin, aksi insulin atau keduanya (WHO, 1999). Saat ini jumlah penderita DM di seluruh dunia mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan populasi, usia, urbanisasi, serta peningkatan prevalensi obesitas dan kurang aktivitas fisik. Wild dkk (2004) melaporkan penderita DM di Indonesia menempati urutan ke-4 setelah India, Cina, dan Amerika Serikat, yaitu diprediksi mengalami kenaikan menjadi 21,3 juta pada tahun 2030. Prevalensi DM di Indonesia sebesar 8,6% dari total penduduk, sehingga pada tahun 2025 diperkirakan penderita DM mencapai 12,4 juta. Shaw dkk (2010) memprediksi jumlah penderita DM usia 20-79 tahun di Indonesia tahun 2010 berada pada urutan ke-9 terbesar dunia yang mencapai 7 juta dan mengalami peningkatan menjadi 12 juta pada tahun 2030 atau pada urutan ke-6 setelah India, Cina, Amerika Serikat, Pakistan, dan Brazil.

DM tipe 2 (*Non Insulin-Dependent Diabetes Mellitus* atau NIDDM) adalah jenis penyakit diabet yang paling lazim dan berkaitan dengan riwayat diabetes keluarga, usia lanjut, obesitas, pola makan dan aktivitas fisik yang kurang (Walleth dkk, 2002). Penyebab terjadinya DM ini belum diketahui dengan pasti, namun individu yang menderita diabetes, secara metabolik mengalami penurunan sensitivitas insulin akibat disfungsi sel pankreas dan resistensi insulin (Lebovitz, 1999). Penyakit DM tipe 2 menyumbang 90-95% dari semua kasus diabetes dan disebabkan oleh ketidakpekaan insulin (insulin insensitivity) sehingga sel otot, liver, dan sel lemak tidak merespon insulin secara tepat.

Hasil-hasil penelitian menunjukkan penyakit DM tipe 2 dapat dicegah atau dikendalikan dengan mengonsumsi bahan pangan yang mengandung *resistant starch* (RS) (Fuentes-Zaragoza dkk, 2010; Sharma dkk, 2008; Sajilata dkk, 2006; Nugent, 2005). RS merupakan bagian pati yang tidak dapat dicerna dalam usus halus, namun dapat difermentasi di usus besar. RS dapat mempengaruhi fungsi fisiologis di dalam tubuh manusia, antara lain memperbaiki respon glikemik dan insulin, memperbaiki kesehatan usus besar/kolon, memperbaiki profil lipid, meningkatkan rasa kenyang dan mengurangi intake energi, meningkatkan absorpsi mikronutrient, bersifat prebiotik, dan thermogenesis (Nugent, 2005; Sajilata dkk, 2006; Fuentes-Zaragoza dkk, 2010). Fermentasi RS oleh bakteri di usus besar menghasilkan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) yang lebih tinggi seperti asam butirat yang

sangat baik untuk kesehatan usus besar (Tharanathan dan Mahadevamma, 2003; Nugent, 2005).

Kacang-kacangan atau legume merupakan bahan pangan yang sangat baik untuk pencegahan dan manajemen penyakit DM karena adanya serat pangan dan resistant starch (Hoover dkk, 2010; Sharma dkk, 2008). Penelitian Marsono dkk (2001) menunjukkan kacang-kacangan mempunyai kandungan RS bervariasi dari 4,76 mg/g (kacang hijau) sampai 8,93 mg/g (kedelai) dan kadar amilosa dari 15,12% (kacang kapri) sampai 39,61% (kacang tunggak) terhadap pati total. Kandungan RS pada kacang-kacangan tersebut dapat ditingkatkan dengan perlakuan pemanasan seperti *autoclaving* multi siklus (Tovar dan Melito, 1996; Eerlingen dan Delcour, 1995; Niba, 2002). Kacang-kacangan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia adalah kedelai, kacang merah, kacang hijau, kacang tolo/kacang tunggak, kacang koro, dll. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari potensi fungsional *resistant starch*, khususnya RS3 dari kacang-kacangan (kacang merah, kacang hijau, kacang tolo, kacang koro, kacang polong) dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus sehingga dapat diperoleh ingredient fungsional yang bersifat sebagai agen hipoglikemik dan hipokholesterolemik untuk mencegah penyakit DM tipe 2 dan komplikasinya. Di samping itu juga dipelajari potensi fungsional RS3 dari kacang-kacangan terhadap profil *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) sehingga dapat meningkatkan kesehatan usus besar/kolon.

B. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Kacang-kacangan atau legume mengandung karbohidrat sebesar 24-68%, didominasi oleh zat pati pada bagian biji (22-45%) dengan kadar amilosa sebesar 30-65%, lebih tinggi dibandingkan dengan sereal (Hoover dan Zhou, 2003). Umumnya kacang-kacangan dikonsumsi setelah melalui proses pengolahan seperti perendaman, perebusan, penggilingan, pemanggangan, *puffing*, fermentasi, dan perkecambahan (Guzel dan Sayar, 2010). Proses pengolahan legume dengan pemanasan menyebabkan terjadinya gelatinisasi dan retrogradasi pada pati legume sehingga dapat menghasilkan RS3. Hasil-hasil penelitian menunjukkan kandungan RS3 pada legume lebih tinggi dan lebih stabil terhadap pengolahan dibandingkan RS3 dari sereal dan umbi-umbian (Yadav dkk, 2010; Perera dkk, 2010). Fuentes-Zaragoza dkk (2010) menjelaskan tingginya kadar amilosa dan struktur tipe C pada pati legume, serta hubungan pati dan protein sangat berperan dalam pembentukan RS3 pada legume.

Kacang-kacangan seperti kacang polong, kacang merah, kacang hijau, kacang tolo, dan kacang koro sudah biasa dikonsumsi dan populer di masyarakat Indonesia. Umumnya kacang-kacangan tersebut dikonsumsi setelah proses pengolahan seperti perendaman, pengukusan,

perebusan, dan fermentasi sehingga dapat menghasilkan RS, khususnya RS3. Pengolahan kacang-kacangan tersebut dapat meningkatkan kadar RS3 sehingga dapat menurunkan respon glikemik dan insulin post prandial dibandingkan dengan sereal dan kentang.

Selama ini hasil-hasil penelitian RS dari kacang-kacangan yang sudah dipublikasikan masih terbatas dan menunjukkan belum pernah dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi fungsional RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari sifat-sifat fisikokimia RS dan perubahan kadar RS3 dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus sehingga dapat diperoleh informasi ilmiah kandungan RS3 dari pati kacang-kacangan. Penelitian sifat fungsional RS3 dari pati kacang-kacangan secara *in vitro* dan *in vivo* perlu dilakukan untuk memperoleh *ingredient* fungsional sebagai agen hipoglikemik dan hipokholesterolemik untuk pencegahan penyakit DM tipe 2 beserta komplikasinya. Keuntungan lain adalah diperoleh makanan fungsional sebagai sumber RS3 dan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) yang murah sehingga dapat mencegah penyakit degeneratif seperti penyakit DM tipe 2 dan meningkatkan kesehatan usus besar/kolon. Hasil penelitian ini nantinya dapat memberikan kontribusi penyelesaian isu strategis tentang pengelolaan dan pengembangan sumber daya hayati Indonesia untuk ketahanan pangan dan kesehatan, khususnya pada tema payung pengembangan *nutraceutical* dan pangan fungsional dari bahan pangan lokal untuk pencegahan penyakit degeneratif, yaitu penyakit DM tipe 2.

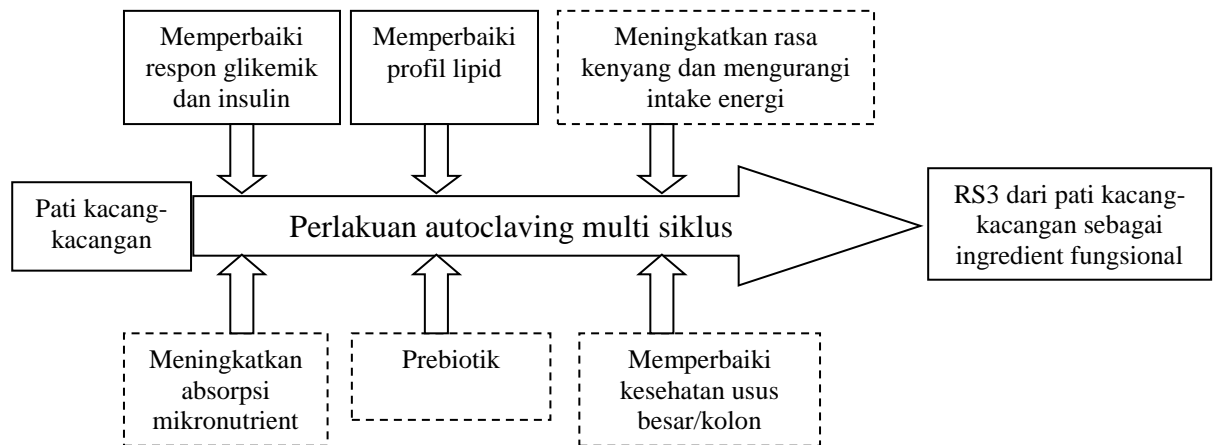
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. *State of the art* dalam bidang yang diteliti

Kacang-kacangan atau legume mengandung karbohidrat dalam jumlah dominan, yaitu 55-65% dari berat kering, terdiri dari pati dan polisakarida bukan pati (*non starch polysaccharides*) atau serat pangan, serta oligosakarida. Selain karbohidrat, legume juga mengandung tinggi protein sebesar 20-50% dan kadar lemak rendah sebesar 0,01-0,48% sehingga digunakan sebagai bahan pangan sumber protein dan diet bagi penderita penyakit kardiovaskuler, diabetes, dan kanker kolon (Hoover dkk, 2010; Satya dkk, 2010). Kadar pati total pada legume berkisar 18-49% dengan kadar amilosa berkisar 11,6-88,0%. Sebagian besar pati legume mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pada pati *wrinkled pea* yang menunjukkan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010).

Konsumsi legume dibatasi oleh adanya beberapa senyawa antigizi seperti α -galaktosida, inhibitor tripsin dan khimotripsin, fitat, lektin, dan polifenol sehingga mengganggu absorpsi zat-zat gizi di usus halus. Oleh karena itu legume harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi, antara lain penggilingan, penghilangan kulit ari, pemasakan biasa, pemasakan dengan tekanan (*pressure cooking*), fermentasi, perendaman, perkecambahan, dan pemanggangan. Proses pengolahan tersebut menyebabkan berbagai perubahan biokimia, zat-zat gizi, dan sifat sensoris pada legume. (Satya dkk, 2010)

Hasil-hasil penelitian menunjukkan pengolahan kacang-kacangan dapat mempengaruhi kandungan RS3. Peningkatan kadar RS3 dapat dilakukan dengan *autoclaving* multi siklus. Sampai saat ini publikasi ilmiah berkaitan dengan kandungan RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus sangat terbatas. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mempelajari sifat-sifat fisikokimia RS dan perubahan kadar RS3 dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus sehingga dapat diperoleh informasi ilmiah kandungan RS3 dari pati kacang-kacangan yang berpotensi sebagai ingredient atau makanan fungsional. Dengan demikian diperoleh bahan pangan lokal yang dapat berfungsi sebagai sumber RS3 yang murah untuk memperbaiki respon glikemik dan insulin, memperbaiki kesehatan usus besar/kolon, memperbaiki profil lipid, meningkatkan rasa kenyang dan mengurangi intake energi, meningkatkan absorpsi mikronutrient, bersifat prebiotik, dan thermogenesis. Dampak penelitian ini adalah dapat mengembangkan pangan fungsional dari bahan lokal Indonesia untuk mencegah penyakit degeneratif, khususnya penyakit DM tipe 2. Untuk lebih jelasnya *state of the art* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *State of the art* penelitian

Keterangan: = akan diteliti dan diusulkan dalam penelitian ini
 = belum diteliti dan belum diusulkan dalam penelitian ini

B. Hasil-hasil penelitian yang sudah dicapai tentang resistant starch dari kacang-kacangan

1. Hasil-hasil penelitian tentang resistant starch

Berdasarkan kemudahannya untuk dicerna dalam saluran pencernaan, pati dapat diklasifikasikan menjadi pati yang dapat dicerna secara cepat (*rapidly digestible starch* atau *RDS*), pati yang dicerna secara lambat (*slowly digestible starch* atau *SDS*), dan pati resisten (*resistant starch* atau *RS*). *RDS* merupakan fraksi pati yang menyebabkan terjadinya kenaikan glukosa darah setelah makanan masuk ke dalam saluran pencernaan, sedangkan *SDS* adalah fraksi pati yang dicerna sempurna dalam usus halus dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan *RDS*. (Sajilata dkk, 2006)

Istilah *resistant starch* (*RS*) pertama kali dikemukakan oleh Englyst dkk (1982) untuk menggambarkan sejumlah kecil fraksi pati yang tahan terhadap hidrolisis enzim α -amilase dan pullulanase setelah inkubasi 120 menit secara *in vitro*. *RS* merupakan bagian pati dan produk pati yang tahan terhadap pencernaan, yang berarti tidak dihidrolisis di usus halus, namun akan masuk ke usus besar atau kolon untuk difermentasi oleh mikroflora kolon. (Nugent, 2005; Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008)

RS merupakan molekul linier dari α -1,4-D-glukan yang berasal terutama dari retrogradasi fraksi amilosa dengan berat molekul relatif rendah ($1,2 \times 10^5$ Da) (Tharanathan, 2002). Pembentukan *RS* membutuhkan amilosa dengan panjang rantai minimal 30-40 residu glukosa (Tharanathan dan Mahadevamma, 2003). Fuentes-Zaragoza dkk (2010) menjelaskan penyebab *RS* tidak dapat dicerna karena (i) struktur molekul *RS* kompak dan secara fisik tidak

dapat diakses oleh enzim pencernaan sehingga membatasi akses enzim pencernaan termasuk amilase ke dalam sereal, biji-bijian atau umbi-umbian, (ii) granula pati mempunyai struktur yang mencegah pemotongan atau hidrolisis oleh enzim pencernaan, misalnya pada pati kentang mentah, pisang mentah dan pati jagung tinggi amilosa, (iii) granula pati dirusak dengan pemanasan dalam air berlebih yang disebut dengan gelatinisasi kemudian didinginkan sehingga terbentuk kristal pati tahan cerna, misalnya corn flakes dan kentang rebus yang didinginkan, dan (iv) pati tertentu yang dimodifikasi secara kimia dengan etherisasi, esterisasi atau ikatan silang sehingga tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan. Tabel 1 menjelaskan tipe-tipe resistant starch, resistensi di usus halus, dan sumber bahan pangan.

Tabel 1. Tipe-tipe RS, resistensi di usus halus, dan sumber bahan pangan
(Fuentes-Zaragoza dkk, 2010)

Tipe RS	Deskripsi	Pencernaan di usus halus	Resistensi berkurang dengan	Sumber
RS1	Secara fisik tidak dapat dicerna karena terperangkap dalam matriks non-digestible.	Lambat atau sebagian dicerna; semua dicerna bila digiling sempurna.	Penggilingan, pengunyahan	Sereal dan biji-bijian utuh atau digiling sebagian, legume, pasta
RS2	Granula pati resisten tidak mengalami gelatinisasi dengan tipe kristal B dan dihidrolisis secara lambat oleh α -amilase.	Sangat lambat atau sedikit dicerna; semua dicerna bila dimakan setelah dimasak.	Pengolahan dan pemasakan	Kentang mentah, pisang mentah, beberapa legume, pati tinggi amilosa
RS3	Pati mengalami retrogradasi bila dipanaskan dan didinginkan.	Lambat atau sebagian dicerna	Kondisi pengolahan	Kentang dimasak dan didinginkan, roti, corn flakes, produk pangan yang mengalami pemanasan lama atau berulang.
RS4	Pati yang dimodifikasi secara kimia (etherisasi, esterisasi, ikatan silang)	Tahan terhadap pencernaan	Kurang peka terhadap digestibility in vitro	Beberapa fiber untuk minuman dan makanan (roti dan cake)

Menurut Sajilata dkk (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya RS adalah:

- Sifat-sifat pati meliputi kristalinitas pati khususnya tipe B; struktur granula pati; rasio amilosa dan amilopektin dengan kadar amilosa semakin tinggi dapat meningkatkan kadar RS; retrogradasi amilosa akibat pengolahan dan pendinginan menyebabkan pati lebih resisten dicerna; panjang rantai amilosa berkisar 40-610; dan linearisasi amilopektin selama proses baking pada suhu rendah dan waktu lama dapat meningkatkan kadar RS.
- Pemanasan dan uap air, meliputi pemanasan dengan uap air (perebusan, pengukusan) secara berulang atau pemanasan pada suhu rendah dengan kadar air tinggi dapat meningkatkan terbentuknya struktur kristal B dan menghasilkan RS lebih tinggi.

- c. Interaksi pati dengan komponen lain seperti protein, dietary fibre, inhibitor enzim, ion, gula, lemak, dan emulsifier dapat mengurangi pembentukan RS, kecuali dietary fibre yang memberikan pengaruh minimal terhadap pembentukan RS.
- d. Kondisi pengolahan seperti *baking*, pembuatan pasta, ekstrusi, autoclaving, dan lain-lain dapat mempengaruhi proses gelatinisasi dan retrogradasi pati sehingga dapat mempengaruhi pembentukan RS. Struktur kristal tipe C pada legume bersifat lebih stabil terhadap kondisi pengolahan daripada sereal dengan struktur kristal tipe A sehingga pengolahan legume dapat menghasilkan RS jauh lebih tinggi daripada sereal.
- e. Pengolahan suhu tinggi meliputi pengukusan, *autoclaving*, *parboiling*, *baking*, proses ekstrusi, *pyroconversion*, dan radiasi microwave, serta penyimpanan pada suhu rendah dapat meningkatkan kadar RS.
- f. Perlakuan lain seperti penggilingan, perkecambahan, dan fermentasi dapat mengurangi pembentukan RS.

Fermentasi RS di usus besar menghasilkan *short chain fatty acid* (SCFA) yang terdiri dari asam asetat, propionat dan butirir serta gas (CO_2 , CH_4 , H_2) dan massa sel mikroba (Marsman dan Burney, 1995). Asetat, propionat dan butirir hampir secara lengkap diserap oleh sel-sel dari kolon, serta digunakan oleh sel-sel atau ditransport ke hati atau jaringan periperal untuk dimetabolisme. Menurut Bourquin dkk (1993), setelah diabsorpsi, masing-masing SCFA primer dimetabolisme oleh tubuh dengan cara yang berbeda-beda. Energi hasil fermentasi dipergunakan untuk pertumbuhan mikroba di dalam usus besar, sedangkan asetat, propionat dan butirir masuk ke dalam sel mukosa. SCFA akan menurunkan pH dari usus besar. Rendahnya pH dapat mencegah pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan dan meningkatkan absorpsi mineral khususnya magnesium dan kalsium. SCFA meningkatkan aliran darah ke kolon. Butirir mempengaruhi apoptosis dan mengontrol siklus sel, sehingga butirir berperan dalam mencegah proliferasi tidak terkendali pada sel abnormal yang terjadi pada tahap awal kanker.

Asetat merupakan SCFA utama di kolon, yang siap untuk diabsorpsi dan ditranspor ke hati dan sedikit dimetabolismekan di kolon. Adanya acetyl-coA synthetase di sitosol adipose dan mammary glands akan digunakan bersama dengan asetat untuk lipogenesis. Pada penelitian dengan manusia, asetat digunakan untuk memonitor kejadian yang terjadi di kolon karena asetat merupakan SCFA utama di dalam darah. Asetat merupakan substrat primer untuk sintesis kolesterol. Bakteri yang diisolasi dari usus manusia menunjukkan kemampuan penggunaan asetat untuk menghasilkan butirir di kolon. Penelitian Anderson dkk (1991)

menunjukkan bahwa asetat yang dihasilkan oleh fermentasi serat berpengaruh terhadap sensitivitas insulin yang menguntungkan dari diet tinggi serat dibandingkan pada kontrol glikemik. Propionat diproduksi melalui dua jalur, yaitu fiksasi CO₂ dari suksinat (jalur asam dikarbosilat) dan dari laktat dan akrilat (jalur akrilat). Propionat digunakan sebagai prekursor primer untuk glukoneogenesis. Peningkatan produksi propionat melalui fermentasi dapat menghambat sintesis kolesterol hati.

RS dapat menghasilkan konsentrasi dan rasio molar butirat lebih tinggi daripada pati, oat bran, wheat bran, selulosa, guar gam dan pektin (Champ, 2003). Butirat adalah sumber energi untuk kolon dan berimplikasi pada pengendalian pengaturan apoptosis dan proliferasi sel. Butirat merupakan sumber energi utama untuk mukosa kolon manusia. Produksi butirat yang rendah di dalam kolon dapat mempercepat terjadinya radang usus besar bagi individu yang rentan. Pada tikus, SCFA dapat mencegah atrofi usus (Daniel dkk, 1997).

RS mempunyai berbagai sifat fungsional menguntungkan, antara lain sebagai komponen dietary fibre, mencegah kanker kolon, bersifat hipoglikemik, hipokholesterolemik, sebagai prebiotik, mengurangi pembentukan batu empedu, menghambat penumpukan lemak, dan meningkatkan absorpsi mikronutrient seperti zat besi dan kalsium (Sajilata dkk, 2006). Dengan demikian konsumsi makanan fungsional yang mengandung RS dapat mencegah terjadinya berbagai penyakit degeneratif seperti diabetes, penyakit kardiovaskuler, obesitas, kanker kolon, radang usus besar, ulcerative colitis, diverticulitis, konstipasi, dan osteoporosis (Fuentes-Zaragoza dkk, 2010).

Asupan harian RS di berbagai negara sangat bervariasi. Asupan RS di negara berkembang dengan konsumsi pati tinggi diperkirakan sebesar 30-40 g/hari. Konsumsi RS di India dan Cina sebesar 10-18 g/hari, jauh lebih tinggi daripada di negara Barat (5-10 g/hari), sedangkan di Eropa, Australia dan New Zealand berkisar 3-7 g/hari. Konsumsi RS di Amerika Serikat diestimasi sebesar 3-8 g/hari. (Brown, 2004; Goldring, 2004; Sajilata dkk, 2006). Menurut Kendall dkk (2004) konsumsi RS sebesar 20-30 g/hari dibutuhkan agar memberikan pengaruh fisiologis. Sementara itu Sajilata dkk (2006) merekomendasikan asupan RS harian sebesar 20 g/hari untuk memperoleh keuntungan fungsional RS.

2. Hasil-hasil penelitian tentang *resistant starch* dari kacang-kacangan

Kacang-kacangan atau legume mengandung dietary fibre yang tinggi, baik serat larut maupun tidak larut. Pati kacang-kacangan mempunyai kadar amilosa lebih tinggi daripada pati sereal dan umbi-umbian. Kadar total dietary fibre rata-rata pada kacang-kacangan sebesar 36,5% dan kadar amilosa berkisar 30-40% sehingga dapat menghasilkan RS sebesar 24,7%.

Fuentes-Zaragoza dkk (2010) menjelaskan tingginya kadar amilosa dan struktur tipe C pada pati legume, serta hubungan pati dan protein sangat berperan dalam pembentukan RS3 pada legume. Kadar amilosa yang tinggi menyebabkan kacang-kacangan lebih mudah mengalami retrogradasi setelah dimasak atau setelah mengalami gelatinisasi. RS pada pengolahan kacang-kacangan termasuk tipe RS3 dan bersifat lebih stabil bahkan setelah pengolahan.

Tingginya kadar protein pada kacang-kacangan daripada sereal dan adanya interaksi antara protein-pati dapat berkontribusi pada penurunan respon glikemik. Adanya dietary fibre dan senyawa antigi yang cukup tinggi pada kacang-kacangan dapat mengurangi tingkat pencernaan pati sehingga kacang-kacangan memberikan respon glukosa dan insulin postprandial yang lebih lambat daripada sereal dan kentang. (Tharanathan dan Mahadevamma, 2003; Hoover dan Zhou, 2003). Kandungan RS pada legume dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan RS pada legume

Jenis legume	Kandungan RS (%)	Metode	Referensi
Black gram (<i>Phaseolus mungo</i>)	60,9	Englyst	Sandhu dan Lim (2008)
Chickpea (<i>Cicer arietinum</i>)	33,5-54,3	Englyst	Miao dkk (2009)
Chickpea (<i>Cicer arietinum</i>)	8,14-18,4	AACC	Chung dkk (2008)
Kacang hijau (<i>Phaseolus aureus</i>)	50,3	Englyst	Sandhu dan Lim (2008)
Lentil (<i>Lens culinaris</i>)	43,7-65,2	Englyst	Chung dkk (2010)
Lentil (<i>Lens culinaris</i>)	13,0-13,2	AACC	Chung dkk (2008)

Kacang-kacangan mentah (black bean, red bean, dan lima bean) mempunyai kadar RS berkisar 1,0-2,2% dan mengalami peningkatan kadar RS sampai 10 kali lipat, yaitu sebesar 18,9-30,7% setelah dikukus. RS3 yang terbentuk bersifat semikristalin dan sebagian besar rantai lurus yang terdiri dari dua subfraksi ukuran molekul utama, yaitu DP (degree of polymerization) > 100 yang berasal dari bahan semikristalin dalam pati retrogradasi dan DP 20-30 yang berasal dari fragmen amilosa yang mengalami rekristalisasi dan dilepaskan selama degradasi pati oleh α -amilase. Di samping itu juga terdapat sejumlah kecil oligosakarida dengan DP ≤ 5 . Adanya RS3 ini menyebabkan penurunan nilai indeks glikemik pada kacang-kacangan. (Hoover dan Zhou, 2003). Sementara itu hasil penelitian Niba dan Rose (2003) menyimpulkan perendaman dalam larutan bikarbonat 5% menyebabkan penurunan kadar RS pada semua sampel kacang-kacangan (adzuki bean, fava bean, lima bean, dan mung bean), sedangkan perendaman dalam larutan asam sitrat 5% justru dapat meningkatkan kadar RS. Hal ini karena larutan alkali dapat memfasilitasi solubilisasi RS sehingga dapat meningkatkan pencernaan pati.

Proses pengolahan menggunakan panas, air, dan bahan kimia dapat mempengaruhi pembentukan RS3 karena perubahan struktur amilosa (Niba, 2002). Tovar dan Melito (1996) melaporkan pengukusan dengan tekanan tinggi pada legume dapat meningkatkan kadar RS3 sebesar 3-5 kali lipat daripada bahan mentah. Proses *autoclaving* multi siklus dapat meningkatkan kadar RS3, khususnya pada pati tinggi amilosa (Niba, 2002). Autoclaving sebanyak 20 kali siklus dapat meningkatkan kadar RS3 sampai lebih dari 40% pada pati jagung tinggi amilosa (Eerlingen dan Delcour, 1995). Perlakuan lain seperti *parboiling*, *baking*, *pyroconversion*, dan penyimpanan pada suhu rendah dalam waktu lama dapat meningkatkan kadar RS3. Pengalengan, ekstrusi, pemanasan dengan microwave, penggilingan, perkecambahan, dan fermentasi dapat menurunkan kadar RS3. (Niba, 2002; Sajilata dkk, 2006)

3. Hasil-hasil penelitian tentang *resistant starch* dan penyakit Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit sistem metabolik yang memiliki karakteristik hiperglikemia kronik dengan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein sebagai akibat kerusakan sekresi insulin, aksi insulin atau keduanya. Penyakit DM dapat menyebabkan kerusakan, disfungsi dan kegagalan berbagai organ. Gejala penyakit DM antara lain poliuria, polidipsia, polifagia, rasa lemas dan turunnya berat badan merupakan petunjuk penting, di samping rasa kesemutan, gatal, mata kabur, serta impotensi pada pria dan pruitosvulvae pada wanita. DM yang parah dapat menyebabkan ketoacidosis atau non-ketotic hyperosmolar yang dapat menyebabkan pingsan, koma, bahkan kematian. Dalam jangka panjang penderita DM dapat mengalami komplikasi spesifik seperti retinopathy yang menyebabkan kebutaan, nephropathy yang menyebabkan gagal ginjal, dan neuropathy yang menyebabkan luka pada kaki dan dapat diamputasi, Charcot joints, dan disfungsi anatomi termasuk disfungsi seksual. Di samping itu penderita DM juga beresiko tinggi terhadap penyakit kardiovaskular, peripheral vascular dan cerebrovascular. (WHO, 1999)

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit metabolik serius dengan tanda kandungan glukosa darah meningkat sebagai akibat berkurangnya insulin secara relatif maupun absolut. Badan kesehatan dunia (WHO), melalui laporan kedua *Expert Committee on Diabetes Melitus* mengelompokkan diabetes menjadi dua kelompok utama, yaitu *Insulin-dependent diabetes mellitus* (IDDM) dan *Non-insulin-dependent diabetes mellitus* (NIDDM) (WHO 1980). Pada IDDM, pankreas tidak menghasilkan insulin dalam jumlah yang cukup, sedangkan pada NIDDM pankreas masih relatif cukup menghasilkan insulin, tetapi insulin yang ada tidak bekerja secara baik karena adanya resistensi insulin (Dalimartha, 2004). Pada tahun 1997, *Expert Committee on the Diagnosis dan Classification of Diabetes Melitus* (ECDCDM)

menyepakati klasifikasi baru diabetes melitus, menjadi DM tipe 1 (yang sebelumnya disebut IDDM atau *juvenil diabetes*), tipe 2 (sebelumnya disebut NIDDM atau *adult-onset*) dan *gestational diabetes* (Foster-Powel dkk, 2002; Rimbawan dan Siagian, 2004).

RS merupakan produk pati yang mempunyai respon glukosa dan indeks glikemik rendah. Makanan yang mengandung RS dapat menurunkan kecepatan digesti. Digesti RS berlangsung lebih lambat sehingga mempunyai implikasi pada pengendalian pelepasan glukosa, penurunan respon insulin, dan peningkatan akses penggunaan cadangan lemak. Hal ini karena RS merupakan pati yang tidak dicerna di usus halus dan mengalami fermentasi di usus besar oleh mikroflora kolon. Akibat resisten atau tahan cerna di usus halus, maka glukosa yang dihasilkan juga sedikit sehingga berkontribusi pada rendahnya respon post prandial pada makanan yang mengandung amilosa tinggi termasuk RS. RS menurunkan respon glikemik karena sifatnya yang kental seperti halnya serat pangan larut sehingga dapat menghambat absorpsi glukosa. (Nugent, 2005; Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008; Fuentes-Zaragoza dkk, 2010)

Penelitian Shimada dkk (2009) menunjukkan RS dapat menurunkan level *glucose-dependent insulinotropic polipeptide mRNA* di sepanjang jejunum dan ileum baik pada tikus normal maupun tikus diabet tipe 2. Konsumsi RS3 pada manusia dapat lebih menurunkan kadar glukosa dan insulin dibandingkan dengan karbohidrat lain (gula sederhana, oligosakarida, dan pati). RS3 juga dapat menurunkan glukosa darah postprandial sehingga berperan penting dalam memperbaiki pengendalian metabolisme pada diabetes tipe 2 dan diamati dalam waktu singkat (sekitar 2-8 jam) setelah makan. Agar dapat memperoleh respon glikemik atau insulinogenik yang menguntungkan dari RS, maka dibutuhkan RS paling sedikit 14% dari total asupan pati. (Sharma dkk, 2008; Fuentes-Zaragoza dkk, 2010)

Berdasarkan uraian di atas maka perlu adanya tindakan pencegahan dan pengendalian pada penyakit DM tipe 2 beserta komplikasinya. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan mengkonsumsi makanan fungsional yang mengandung RS3, misalnya dari kacang-kacangan. Pengolahan kacang-kacangan dengan *autoclaving* multi siklus diduga dapat meningkatkan kadar RS3 sehingga mempengaruhi sifat fungsionalnya. Dengan demikian ringkasan dari studi pustaka dalam penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan kacang-kacangan lokal sebagai sumber RS3 masih sangat terbatas padahal konsumsi bahan pangan yang tinggi RS sangat bermanfaat bagi pencegahan penyakit degeneratif seperti penyakit DM. Adanya penelitian ini dapat memberikan informasi potensi kacang-kacangan lokal sebagai sumber RS3 yang harganya relatif murah.

2. Penelitian tentang kandungan RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus masih sangat terbatas.
3. Potensi fungsional RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multi siklus sebagai ingredient fungsional yang berpotensi sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik, dan sumber SCFA perlu diteliti sebagai satu tindakan nyata untuk mencegah dan mengendalikan penyakit DM tipe 2 beserta komplikasinya.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari potensi fungsional *resistant starch* tipe 3 (RS3) dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multisiklus untuk pencegahan penyakit DM tipe 2. Tujuan spesifik pada penelitian tahun pertama sebagai berikut :

- 1) Menemukan proses ekstraksi pati dari kacang-kacangan, yaitu kacang merah, kacang hijau, kacang tunggak, kacang koro putih, dan kacang koro pedang.
- 2) Mempelajari sifat fisikokimia (komposisi kimia, warna, kadar amilosa, dan tipe kristal) pati alami kacang-kacangan tersebut.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Sebagai acuan pemanfaatan pati kacang-kacangan untuk berbagai produk pangan.
- 2) Hasil penelitian dapat digunakan untuk pengembangan proses produksi RS3 berbasis pati kacang-kacangan.
- 3) Hasil penelitian dapat digunakan sebagai *ingredient* fungsional berbasis pati kacang-kacangan untuk pencegahan penyakit degeneratif seperti Diabetes Mellitus tipe II.

BAB 4. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimen di:

1. Laboratorium Kimia, Jurusan Pendidikan Teknik Boga dan Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta sebagai tempat preparasi sampel.
2. Laboratorium Kimia dan Biokimia, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada sebagai tempat pengujian sifat-sifat fisikokimia pati kacang-kacangan dan RS3, serta perlakuan *autoclaving* multisiklus.

B. Bahan dan Alat Penelitian

1. Sampel kacang-kacangan

Bahan yang digunakan untuk sampel penelitian adalah kacang merah (*Vigna umbellata*), kacang hijau (*Vigna radiata*), kacang tunggak (*Vigna unguiculata*), kacang koro putih (*Phaseolus sp*), dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) berasal dari toko distributor kacang-kacangan di Yogyakarta dan Magelang.

2. Bahan dan alat isolasi pati kacang-kacangan

Bahan kimia untuk isolasi pati kacang-kacangan adalah NaOH 0,2% dan HCl 0,1 N, sedangkan alat untuk isolasi pati kacang-kacangan, yaitu alat pengupas kulit ari, *waring blender*, kain saring, *cabinet dryer*, dan ayakan 80 mesh.

3. Bahan dan alat analisis komposisi kimia biji dan pati alami kacang-kacangan

Analisis komposisi kimia yang dilakukan pada biji dan pati alami kacang-kacangan meliputi analisis kadar air (metode thermogravimetri), abu (metode pengabuan kering), protein (metode mikro Kjeldahl), dan lemak (metode Soxhlet). Bahan kimia yang digunakan untuk analisis kadar protein meliputi katalisator (campuran HgO dan Na₂SO₄, 1:20), H₂SO₄ pekat, larutan NaOH, asam borat 4%, indikator BCG+MR, HCl 0,022 N, sedangkan analisis kadar lemak membutuhkan petroleum eter. Alat analisis yang digunakan meliputi botol timbang, krus porselin, neraca analitis, oven, muffle furnace, labu Kjeldahl, labu Soxhlet, pendingin balik, waterbath, kompor listrik, distillation unit, dan alat-alat gelas.

4. Bahan dan alat analisis kadar amilosa

Bahan kimia untuk analisis kadar amilosa adalah etanol 95%, larutan iodine, standar amilosa, NaOH 1 M, asam sitrat 0,3 N, larutan KI 2%, dan aquades. Alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, vortex, dan spektrofotometer.

5. Bahan dan alat analisis tipe kristal

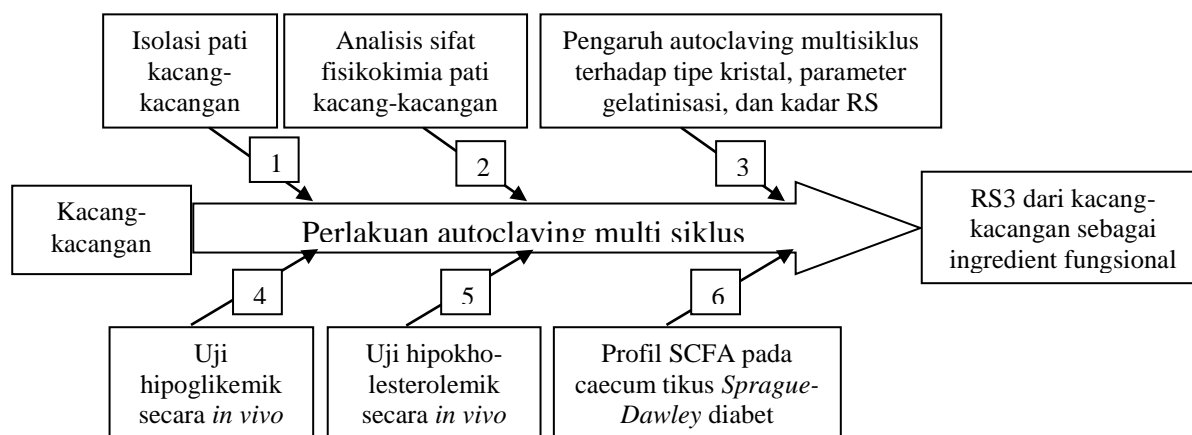
Bahan yang digunakan untuk analisis tipe kristal adalah sampel pati kacang-kacangan dan RS3-nya. Alat yang digunakan meliputi desikator, dan X-ray Diffractometer tipe XRD-6000 (Shimadzu, Jepang).

6. Bahan dan alat analisis pengujian warna

Bahan untuk analisis pengujian warna adalah sampel pati kacang-kacangan dan RS3-nya dengan alat Chromameter CR-400 (Konica, Minolta Optics Inc.).

C. Bagan Alir Penelitian

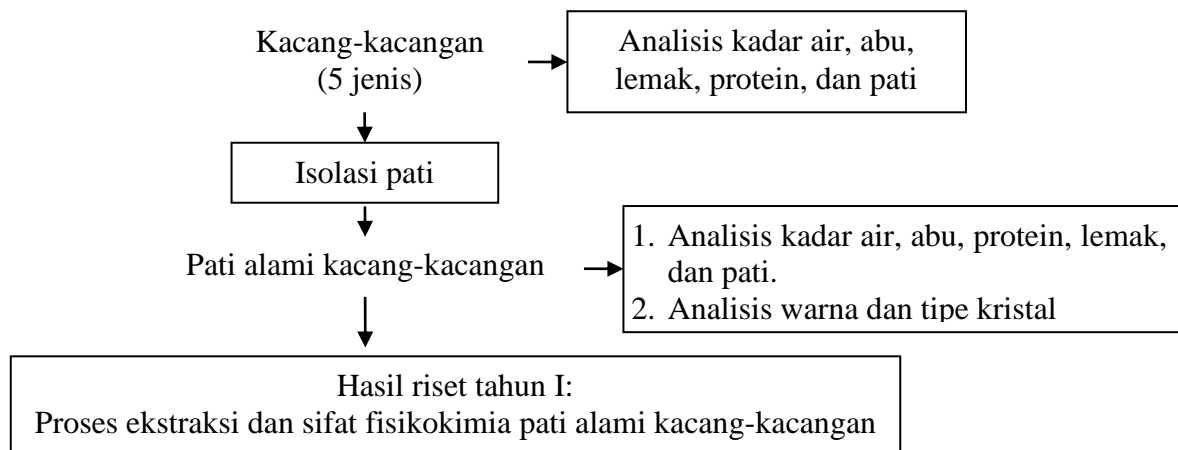
Bagan alir penelitian Hibah Bersaing ini dapat dilihat pada Gambar 2. Penelitian dibagi menjadi 6 tahap, yaitu tahap 1 dan 2 dilakukan pada tahun pertama, sedangkan tahap 3, 4, 5, dan 6 dilakukan pada tahun kedua.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

D. Langkah Penelitian

Penelitian Hibah Bersaing pada tahun pertama difokuskan pada ekstraksi pati kacang-kacangan dan sifat fisikokimia pati kacang-kacangan, yaitu kacang merah, kacang hijau, kacang tunggak, kacang koro putih, kacang koro pedang, meliputi komposisi kimia, warna, kadar amilosa, tipe kristal, dan parameter gelatinisasi. Hasil yang diperoleh pada tahun pertama adalah pati alami kacang-kacangan (kacang merah, kacang hijau, kacang tunggak, kacang koro putih, dan kacang koro pedang) yang diketahui sifat fisik (warna dan tipe kristal) dan sifat kimia (kadar air, abu, protein, lemak, amilosa). Langkah penelitian tahun pertama dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Langkah penelitian tahun I

Penelitian pada tahun pertama dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap 1: analisis komposisi kimia biji kacang-kacangan

Biji kacang-kacangan digiling lebih dahulu dengan blender sampai diperoleh tepung biji kacang-kacangan untuk selanjutnya dianalisis kadar air (metode thermogravimetri), abu (metode pengabuan kering), protein (metode mikro Kjeldahl), lemak (metode Soxhlet), dan pati (metode hidrolisis asam).

2. Tahap 2: ekstraksi pati kacang-kacangan dengan *wet milling*

Ekstraksi pati kacang-kacangan dilakukan dengan modifikasi metode Huang dkk (2007). Biji kacang-kacangan direndam dalam aquabidest dengan rasio aquabidest:kacang-kacangan 3:1 pada suhu 4°C selama 24 jam. Lalu air perendam dibuang dan biji kacang yang sudah lunak ditambah aquabidest untuk digiling dengan blender selama 3 menit pada kecepatan rendah. Slurry yang diperoleh disaring dengan kain saring, lalu ampasnya ditambah aquabidest dan digiling lagi dengan blender selama 3 menit untuk selanjutnya disaring. Suspensi pati dari dua kali penyaringan tersebut dicampur dan dibiarkan mengendap selama semalam pada suhu 4°C. Supernatan dibuang dan lapisan bagian atas yang tidak berwarna putih juga dibuang. Endapan yang berwarna putih diresuspensi dengan larutan NaOH 0,2% dan dibiarkan selama 17 jam pada suhu 4°C. Pati dinetralkan dengan HCl 0,1 N sampai pH 6. Lapisan pati diresuspensi lagi dengan aquabidest dan dibiarkan mengendap sampai terbentuk endapan padat. Endapan pati diambil dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 5-7 jam, lalu digiling dengan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh pati kacang-kacangan.

3. Tahap 3: analisis sifat fisikokimia pati alami kacang-kacangan

Analisis sifat fisikokimia pati alami kacang-kacangan meliputi komposisi kimia (kadar air, abu, protein, lemak, pati), kadar amilosa, RDS, SDS, RS, warna, tipe kristal, dan parameter gelatinisasi.

a. Analisis komposisi kimia pati alami kacang-kacangan

Pati alami kacang-kacangan terlebih dahulu dianalisis komposisi kimianya untuk mengetahui kemurnian pati tersebut, meliputi analisis kadar air (metode thermogravimetri), abu (metode pengabuan kering), protein (metode mikro Kjeldahl), lemak (metode Soxhlet), dan pati (metode hidrolisis asam).

b. Analisis warna

Sampel pati alami kacang-kacangan dianalisis warnanya (nilai L, a, dan b) dengan Chromameter CR-400 (Konica Minolta Optics, Inc.) untuk mengetahui derajat keputihan pati.

c. Analisis kadar amilosa

Pengujian kadar amilosa dilakukan dengan metode Juliano (1971) dalam Mohammadkhani dkk (1999). Prinsip analisis amilosa adalah amilosa akan berwarna biru bila bereaksi dengan senyawa iod. Intensitas warna biru berbeda-beda tergantung pada kadar amilosa dalam bahan. Sebanyak 5 mg pati dimasukkan ke dalam *beaker glass* 25 ml dan ditambah 1 ml etanol dan 2,7 ml NaOH 1 M agar pati terdispersi dengan baik. Dispersi pati tersebut selanjutnya dipanaskan di dalam air mendidih selama 15 menit sehingga dapat tergelatinisasi dengan sempurna. Kemudian *beaker glass* didinginkan dan pati dicuci dengan air distilat sebanyak 2-3 kali dan dimasukkan ke dalam labu volumetrik 25 ml. Labu volumetrik divorteks dan kemudian diambil sebanyak 2,5 ml, dimasukkan ke dalam tabung reaksi terpisah, dinetralkan dengan 2 ml asam sitrat 0,3 N dan ditambah dengan 1 ml larutan iodin. Larutan iodin harus baru. Ke dalam tabung reaksi tersebut kemudian ditambahkan 14,5 ml air distilat, selanjutnya didinginkan dalam lemari es selama 20 menit. Setelah dingin, divorteks dan kemudian dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Untuk menghitung kadar amilosa, maka dibuat kurva standar amilosa sehingga kadar amilosa dapat dihitung.

d. Analisis tipe kristal

Pengujian tipe struktur kristalin pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Hughes dkk (2009) menggunakan *X-ray diffractogram* tipe XRD-6000 (Shimadzu) dengan radiasi $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$) pada kondisi operasional: tegangan 40 kV, arus 30 mA, waktu 0,24 detik, *aging time* 5 menit, *scatter slit width* 1,0 mm, *scanning range* 3-70°, *scan*

speed 5,00°/min, dan *receiving slit width* 0,3 mm. Semua sampel diatur sampai kadar air setimbang ($\pm 23\%$) dalam desikator jenuh dengan larutan K_2SO_4 (25° C, $a_w = 0,98$) dan tertutup pada suhu ruang selama 2 hari sebelum dianalisis. Kristalinitas relatif diestimasi dari rasio luas puncak terhadap luas total difraktogram.

E. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada tahun pertama dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan penelitian dan target luaran pada penelitian tahun pertama

No	Uraian Tahap Penelitian	Indikator Capaian	Target Luaran
1	Analisis komposisi kimia biji kacang-kacangan	Komposisi kimia biji kacang-kacangan (kadar air, abu, protein, lemak, pati)	1. Pati alami kacang-kacangan sebagai ingredient fungsional.
2	Ekstraksi pati kacang-kacangan dengan <i>wet milling</i>	Rendemen pati dan komposisi kimia pati alami kacang-kacangan (kadar air, abu, protein, lemak, pati)	2. Artikel publikasi untuk seminar nasional. 3. Artikel publikasi untuk jurnal ilmiah nasional terakreditasi.
3	Analisis sifat fisikokimia pati alami kacang-kacangan	Sifat fisik (warna dan tipe kristal) dan sifat kimia (kadar air, abu, protein, lemak, amilosa)	4. Teknologi tepat guna: ekstraksi pati kacang-kacangan

F. Analisis Data

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan ulangan sebanyak 3 kali. Analisis data dilakukan dengan analisis varian satu jalur (one way anova) dan uji lanjut LSD (*Least Significant Difference*) pada taraf signifikansi 5%.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Sampel Penelitian

Jenis sampel kacang-kacangan yang semula diusulkan dalam proposal adalah kacang merah, kacang tunggak, kacang koro putih, kacang hijau, dan kacang polong. Namun dalam pelaksanaan penelitian mengalami perubahan sampel yaitu kacang polong diganti dengan kacang koro pedang. Hal ini dilakukan karena pertimbangan ketersediaan sampel di pasaran dan untuk lebih memasyarakatkan kacang koro pedang. Sampel diperoleh dari petani kacang tunggak di Desa Karangwuni, Glagah, Kulon Progo, toko distributor kacang-kacangan di Yogyakarta (kacang koro putih, kacang hijau tanpa kulit, kacang koro pedang) dan Magelang (kacang merah). Gambar 4 menunjukkan sampel kacang-kacangan yang digunakan pada penelitian ini.



a. Kacang merah (*Vigna umbellata*)



b. Kacang koro putih (*Phaseolus sp*)



c. Kacang tunggak (*Vigna unguiculata*)



d. Kacang hijau tanpa kulit (*Vigna radiata*)



e. Kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*)

Gambar 4. Sampel kacang-kacangan yang diteliti

Komposisi kimia biji kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 4. Nampak bahwa kelima sampel mempunyai komposisi kimia yang hampir sama. Kadar air berkisar dari 9,64% (kacang tunggak) sampai dengan 13,15% (kacang koro pedang). Hal ini menunjukkan kelima sampel kacang-kacangan mempunyai tingkat kekeringan yang baik sehingga dapat mencegah kerusakan selama penyimpanan. Kadar abu berkisar dari 3,06% (kacang koro pedang) sampai dengan 4,04% (kacang merah). Tingginya kadar abu ini menunjukkan kacang-kacangan merupakan sumber mineral seperti K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn (Satya dkk, 2010). Protein pada biji kacang-kacangan berkisar dari 22,86% (kacang koro putih) sampai dengan 28,33% (kacang koro pedang). Kacang-kacangan merupakan salah satu bahan pangan sumber protein nabati. Lemak pada kacang-kacangan relatif rendah, berkisar dari 0,96% (kacang tunggak) sampai dengan 1,70% (kacang koro pedang). Dengan demikian kacang-kacangan merupakan bahan pangan yang rendah lemak sehingga dapat digunakan sebagai makanan fungsional.

Tabel 4. Komposisi kimia biji kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel biji	Air	Abu	Protein	Lemak
Kacang merah	12.37 ± 0.13	4.04 ± 0.03	26.71 ± 0.76	1.61 ± 0.02
Kacang tunggak	9.64 ± 0.02	3.75 ± 0.04	24.03 ± 0.33	0.96 ± 0.03
Kacang koro putih	9.73 ± 0.13	3.63 ± 0.03	22.86 ± 0.48	1.13 ± 0.01
Kacang hijau	10.50 ± 0.07	3.54 ± 0.04	24.64 ± 0.16	1.49 ± 0.03
Kacang koro pedang	13.15 ± 0.07	3.06 ± 0.15	28.33 ± 0.69	1.70 ± 0.02

B. Ekstraksi Pati Kacang-kacangan

Ekstraksi pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Huang dkk (2007) dengan modifikasi. Proses ekstraksi pati kacang-kacangan dimulai dengan penghilangan kulit ari terlebih dahulu dengan menggunakan penggiling kulit ari (kacang tunggak) atau blender

(kacang merah). Untuk kacang hijau, tidak perlu dihilangkan lagi kulit arinya karena di pasaran sudah dijual kacang hijau tanpa kulit. Kacang koro putih dan kacang koro pedang tidak dilakukan penghilangan kulit karena bijinya sangat keras dan ukurannya lebih besar daripada kacang-kacangan lainnya. Langkah berikutnya adalah perendaman dengan menggunakan aquabidest (rasio air:biji kacang = 3:1) selama 24 jam pada suhu 4°C untuk memperlunak biji sehingga mempermudah dalam proses penggilingan. Khusus untuk kacang koro pedang, proses perendaman dilakukan selama 3 hari untuk mengurangi kadar HCN yang cukup tinggi. Air perendam dibuang dan selanjutnya dilakukan penggilingan dengan blender pada kecepatan tinggi. Slurry yang diperoleh disaring dengan kain saring dan ditampung dalam wadah plastik. Bagian yang tidak tersaring diperas dan dikumpulkan untuk digiling kembali sebanyak 3 kali. Hasil penyaringan diendapkan selama 24 jam pada suhu 4°C. Bagian atas dibuang dan endapan yang ada ditambah dengan larutan 0,2% NaOH sampai pH 11 lalu diaduk sampai homogen. Selanjutnya diendapkan lagi selama 24 jam pada suhu 4°C. Langkah berikutnya dilakukan penambahan HCl 0,1 N sampai diperoleh pH 6 dan diendapkan lagi selama 24 jam pada suhu 4°C, dicuci dengan aquabidest sampai diperoleh endapan pati berwarna putih. Endapan ini ditampung pada loyang aluminium dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Endapan pati yang sudah kering ini digiling dengan blender dan diayak ukuran 80 mesh. Pati yang diperoleh ini dimasukkan ke dalam wadah plastik kedap udara dan disimpan pada suhu 4°C sampai siap digunakan untuk analisis.

Rendemen pati kacang-kacangan bervariasi dari 7,69% (kacang koro putih) sampai dengan 25,49% (kacang merah) seperti dapat dilihat pada Tabel 5. Nampak bahwa rendemen pati yang diekstrak dari kacang koro putih dan kacang koro pedang relatif rendah (kurang dari 10%) dibandingkan dengan sampel yang lain. Hal ini diduga disebabkan oleh karakteristik pati pada kedua jenis kacang koro yang terikat cukup kuat dengan komponen lain sehingga tidak dapat diekstrak secara sempurna. Hoover dkk (2010) melaporkan bahwa rendemen pati kacang-kacangan berkisar dari 12% (beach pea) sampai dengan 49% (pigeon pea). Selanjutnya Hoover dkk (2010) menyatakan rendemen pati kacang hijau, kacang tunggak, kacang merah berturut-turut sebesar 31%, 37%, dan 25-45%. Perbedaan rendemen ini disebabkan oleh metode ekstraksi yang berbeda (*wet milling* atau *dry milling*), kondisi ekstraksi (suhu, pH, kain saring), serta perbedaan jenis dan varietas bahan.

Tabel 5. Rendemen pati kacang-kacangan (%)

Sampel	Rendemen pati (%)
Kacang merah	25,49 ± 3,38
Kacang tunggak	20,16 ± 1,48
Kacang koro putih	7,69 ± 0,20
Kacang hijau	23,65 ± 0,87
Kacang koro pedang	8,95 ± 1,74

Komposisi kimia pati kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 6. Nampak dari Tabel 6, pati kacang-kacangan sudah memiliki tingkat kemurnian yang cukup tinggi karena rendahnya kadar abu, protein, dan lemak. Kandungan mineral, protein, dan lemak yang rendah ini sangat mempengaruhi pembentukan RS3.

Tabel 6. Komposisi kimia pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Air	Abu	Protein	Lemak
Kacang merah	11.54 ± 0.06	0.25 ± 0.02	0.20 ± 0.07	0.29 ± 0.02
Kacang tunggak	12.51 ± 0.29	0.15 ± 0.01	0.51 ± 0.07	0.19 ± 0.01
Kacang koro putih	13.30 ± 0.04	0.30 ± 0.02	0.12 ± 0.00	0.79 ± 0.03
Kacang hijau	8.57 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.80 ± 0.05	0.19 ± 0.02
Kacang koro pedang	8.39 ± 0.03	0.23 ± 0.01	0.38 ± 0.06	0.16 ± 0.02

Kadar abu yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan mineral yang dapat mencegah pembentukan RS3. Ion-ion tertentu seperti kalsium dan kalium dapat menurunkan pembentukan RS karena diduga ion tersebut dapat mencegah pembentukan ikatan hidrogen antara rantai amilosa dan amilopektin. Hoover dkk (2010) merangkum komposisi kimia pati kacang-kacangan terdiri dari lemak total berkisar 0,01-1,40% dan protein berkisar 0,01-0,43%. Lipid dapat membentuk kompleks amilosa-lipid yang menyebabkan semakin sedikit rantai amilosa yang tersedia untuk pembentukan RS3. Kompleks amilosa-lipid bersifat dapat didegradasi oleh enzim. Penurunan pencernaan pati ini tergantung oleh jenis lipid (monogliserida membentuk kompleks yang sangat resisten terhadap amilolisis) dan rasio amilosa:amilopektin (Marsono, 1998; Sajilata dkk, 2006).

Rendahnya kadar protein pada kelima sampel pati kacang-kacangan dapat mempengaruhi pembentukan RS3. Interaksi pati-protein dapat mengurangi pembentukan RS, misal pati kentang ditambah dengan albumin kemudian dipanaskan lalu didinginkan (Sajilata dkk, 2006). Pada beberapa pangan olahan, protein dapat menyebabkan enkapsulasi granula pati dan menjadi penghalang fisik yang dapat membatasi aksesibilitas enzim amilase sehingga meningkatkan resistensi pati dan menunda pencernaan pati secara *in vitro* (Singh dkk, 2010).

C. Sifat Fisikokimia Pati Alami Kacang-kacangan

1. Warna pati alami kacang-kacangan

Warna adalah sifat penampilan suatu bahan yang berhubungan dengan distribusi sinar yang mengenai bahan tersebut. Secara fisika, warna merupakan karakteristik sinar yang dapat diukur dengan intensitas (energi radiasi) dan panjang gelombang. Warna pati alami kacang-kacangan diukur dengan kromameter CR-400 Konica Minolta yang pengukurannya berdasarkan sistem Hunter. Sistem Hunter disebut juga warna seragam (*uniform-color*) dan warna lawan (*opponent-color*) berdasarkan teori warna. Pada teori ini diasumsikan bahwa terdapat tombol sinyal intermediet (*intermediate signal-switching*) antara reseptor sinar dalam retina dan syaraf optik yang mentransmisikan sinyal warna ke otak. Dalam mekanisme ini, respon warna merah dibandingkan dengan warna hijau dan menghasilkan dimensi warna merah kehijauan (*red-to-green*). Respon warna hijau dibandingkan dengan biru dan menghasilkan dimensi warna kuning kebiruan (*yellow-to-blue*). Dua dimensi warna ini dinyatakan dengan simbol a dan b. Dimensi warna ketiga adalah *lightness* (L) yang non-linear dan biasanya menunjukkan akar kuadrat dari Y.

Instrumen pada sistem Hunter terdiri dari 3 sirkuit yang terpisah, filter dan fotosel yang mendekati fungsi X, Y, dan Z pada sistem CIE. Nilai Rd (*diffuse reflectance*) atau L (*lightness*) pada sistem Hunter dapat dibandingkan secara langsung dengan nilai Y pada sistem CIE atau *value* pada sistem Munsell. Nilai a positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kehijauan (*greenness*) dan nilai a negatif menunjukkan warna kemerahan (*redness*), sedangkan nilai b positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kekuningan (*yellowness*) dan nilai b negatif menunjukkan kebiruan (*blueness*). Nilai L berkisar dari 0 (hitam) sampai dengan 100 (putih). Nilai a berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kemerahan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kehijauan. Nilai b berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kekuningan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kebiruan.

Warna pati alami kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 7 yang menunjukkan kelima sampel pati mempunyai warna putih dengan derajat keputihan atau nilai L berkisar dari 94,44 (pati kacang tunggak) sampai dengan 96,25 (pati kacang koro pedang), nilai a berkisar dari -1,15 (pati kacang hijau) sampai dengan 0,94 (pati kacang tunggak), dan nilai b berkisar dari 3,87 (pati kacang merah) sampai dengan 8,08 (pati kacang hijau). Khusus pada pati kacang hijau mempunyai warna sedikit kekuningan yang ditunjukkan dari tingginya nilai b, sedangkan pati kacang tunggak menunjukkan warna sedikit kemerahan yang ditunjukkan dari

tingginya nilai a. Ini kemungkinan disebabkan oleh pigmen yang masih terikat pada granula pati dan tidak dapat dihilangkan selama proses ekstraksi.

Tabel 7. Hasil pengukuran warna pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	L	a	b
Kacang merah	95.55 \pm 0.17	0.22 \pm 0.03	3.87 \pm 0.19
Kacang tunggak	94.44 \pm 0.15	0.94 \pm 0.05	5.20 \pm 0.16
Kacang koro putih	95.44 \pm 0.07	-0.25 \pm 0.06	5.37 \pm 0.23
Kacang hijau	95.22 \pm 0.10	-1.15 \pm 0.04	8.09 \pm 0.29
Kacang koro pedang	96.25 \pm 0.25	-0.31 \pm 0.23	3.91 \pm 0.14

2. Kadar amilosa pati alami kacang-kacangan

Kadar amilosa pati kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 8. Nampak bahwa kadar amilosa berkisar dari 38,20% (pati kacang tunggak) sampai dengan 61,50% (pati kacang koro pedang). Hoover dkk (2010) melaporkan kadar amilosa pada pati kacang-kacangan berkisar dari 11,6% (pati yam bean) sampai dengan 88,0% (pati wrinkled pea). Amilosa pada pati kidney bean (kacang merah) berkisar dari 34,0-41,%, sedangkan pada pati cowpea (kacang tunggak) berkisar 25,8-33,0% dan pati mung bean (kacang hijau) berkisar 33,0-45,3%. Perbedaan kadar amilosa ini dipengaruhi oleh perbedaan metode analisis kadar amilosa, perbedaan jenis dan varietas, serta perbedaan kondisi fisiologis biji kacang-kacangan (Hoover dkk, 2010).

Tabel 8. Kadar amilosa pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Kadar amilosa (% db)
Kacang merah	44.83 \pm 1.56
Kacang tunggak	38.20 \pm 2.79
Kacang koro putih	41.86 \pm 2.02
Kacang hijau	58.34 \pm 3.21
Kacang koro pedang	61.50 \pm 1.49

Makin tinggi kadar amilosa dapat menurunkan pencernaan pati karena terdapat korelasi positif antara kadar amilosa dengan pembentukan RS. Makin banyak amilosa maka pati makin sulit mengalami gelatinisasi dan makin mudah bergabung membentuk struktur kristal padat atau mengalami retrogradasi (Marsono, 1998; Topping dkk, 2003). Sebagai contoh tepung jagung tinggi amilosa dengan kadar amilosa 70% mempunyai RS sebesar 20 g/100 g berat kering dan tepung jagung biasa dengan kadar amilosa 25% hanya mengandung RS sebesar 3 g/100 g berat kering (Sharma dkk, 2008).

Menurut Sharma dkk (2008), amilosa merupakan rantai lurus yang bersifat amorf, sedangkan amilopektin merupakan rantai bercabang yang bersifat kristalin. Rantai lurus pada

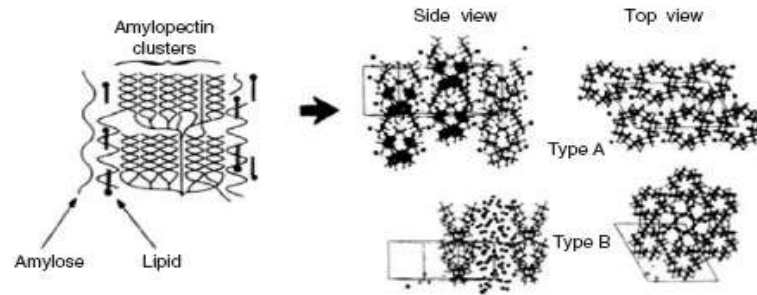
amilosa membatasi akses β -amilase ke dua terminal unit glukosa pada rantai amilosa di dalam usus halus karena membentuk lipatan. Sebaliknya, amilopektin mempunyai banyak rantai cabang dan memberikan lebih banyak terminal unit glukosa sehingga lebih mudah diakses oleh enzim β -amilase.

Panjang rantai amilosa mempengaruhi pembentukan RS. Eerlingen dkk (1993) membuktikan agregasi heliks amilosa dalam stuktur kristalin tipe B dapat meningkatkan kadar RS. Pembentukan struktur heliks ganda membutuhkan derajat polimerisasi (DP) amilosa minimal 10 unit glukosa dan maksimal 100 unit glukosa (Haralampu, 2000), sedangkan Tharanathan dan Mahadevamma (2003) menyebutkan minimal 30-40 unit glukosa. Sementara itu pembentukan RS3 pada pangan olahan melibatkan retrogradasi amilosa. Laju dan banyaknya pati yang mengalami retrogradasi setelah gelatinisasi sangat ditentukan oleh banyaknya amilosa. Amilosa teretrogradasi pada kacang polong, jagung, gandum, dan kentang bersifat sangat resisten terhadap amilolisis (Sajilata dkk, 2006).

3. Tipe kristal pati alami kacang-kacangan

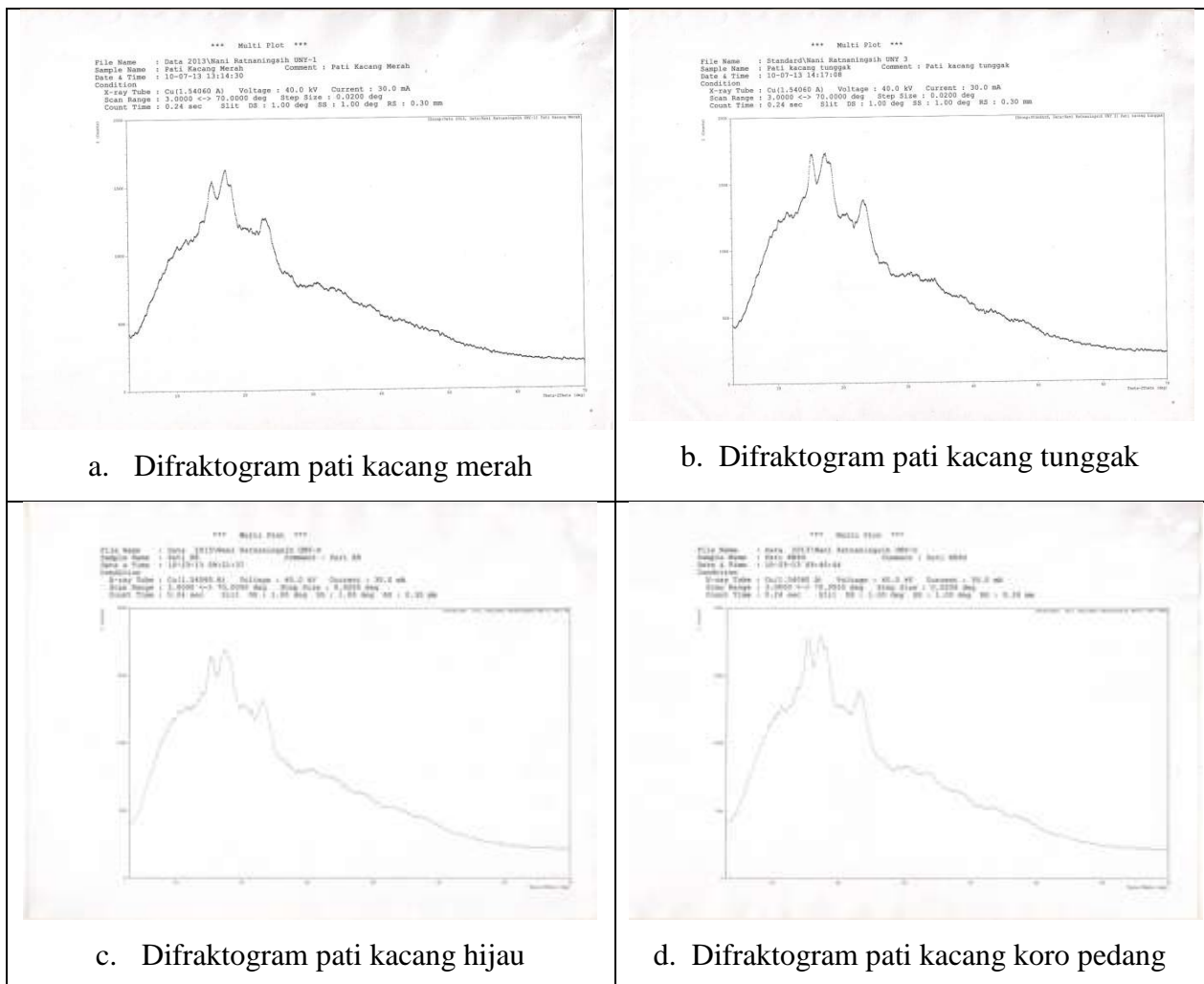
Difraksi sinar X menunjukkan granula pati bersifat semikristalin sebagai akibat tingginya derajat orientasi molekul glukuan. Sekitar 70% dari massa granula pati bersifat amorf yang disusun terutama oleh amilosa meskipun ada sebagian kecil amilopektin, dan 30% bersifat kristalin yang disusun oleh amilopektin. Ada 4 tipe struktur kristalin pati berdasarkan difraksi sinar X, yaitu tipe A, tipe B, tipe C, dan tipe V. Keempat tipe tersebut dipengaruhi oleh panjang rantai amilopektin, densitas kemasan dalam granula, dan keberadaan air. Tipe A dan tipe B merupakan modifikasi kristalin sesungguhnya, sedangkan tipe C dan tipe V merupakan bentuk campuran (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008).

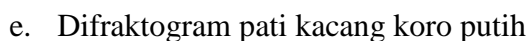
Menurut Sajilata dkk (2006), struktur tipe A mempunyai amilopektin dengan panjang rantai 23-29 molekul glukosa. Ikatan hidrogen antar gugus hidroksil dari rantai molekul amilopektin menghasilkan pembentukan struktur heliks ganda terluar. Pada antar *micelle* ini, rantai lurus amilosa dikemas oleh ikatan hidrogen dengan rantai lurus dari amilopektin paling luar. Pola ini banyak dijumpai pada pati sereal. Struktur tipe B disusun oleh amilopektin dengan panjang rantai 30-44 molekul glukosa dan molekul air berada menyebar di dalam (*inter-spread*). Pola ini umumnya dijumpai pada pati kentang mentah dan pati pisang. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B
Sumber: Perez dkk (2009) dalam BeMiller dan Whistler (2009)

Struktur kristalin pati alami kacang-kacangan ditentukan dengan X-Ray Diffractometer (XRD-6000, Shimadzu). Difraktogram pati alami kacang-kacangan disajikan pada Gambar 6.





dikeluarkan. Kompleks amilosa-lipid dapat bersifat kristalin atau amorf tergantung pada suhu pembentukan kompleks tersebut. Struktur tipe V juga dapat diperoleh dari pemanasan pati mentah dengan jumlah air terbatas sehingga terjadi penggabungan pati dengan lipid. (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008)

Sebagian besar pati kacang-kacangan mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pati *wrinkled pea* dengan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010). Sandhu dan Lim (2008) melaporkan pati dari *black gram*, *chickpea*, kacang hijau, lentil, *field pea*, dan *pigeon pea* mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 27,2-33,5%.

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

A. Tahapan Penelitian Tahun Kedua

Tahapan penelitian pada tahun pertama bertujuan untuk menghasilkan pati alami kacang-kacangan yang diketahui sifat fisikokimianya. Penelitian tahun kedua bertujuan untuk menghasilkan RS3 pati kacang-kacangan dengan perlakuan autoclaving multisiklus sebagai *ingredient* fungsional untuk pencegahan penyakit Diabetes Mellitus tipe II secara *in vivo*.

Rencana tahapan penelitian tahun kedua sebagai berikut:

1. Tahap 1: Pengaruh perlakuan *autoclaving* multi siklus terhadap sifat-sifat fisikokimia RS3 pati kacang-kacangan

Perlakuan *autoclaving* multisiklus dilakukan dengan cara pati kacang-kacangan dimasukkan ke dalam botol gelas lalu ditambah dengan aquadest (rasio 1:3,5). Selanjutnya dilakukan *autoclaving* menggunakan alat *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah *autoclaving* kemudian dilakukan pendinginan pada suhu 4°C selama 24 jam. Perlakuan *autoclaving* dan pendinginan ini dilakukan sebanyak 3 kali siklus. Pati yang sudah mengalami *autoclaving* multisiklus ini selanjutnya dilakukan *freeze drying* sehingga diperoleh RS3 kasar dan disimpan dengan kemasan tertutup rapat pada suhu 4°C untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis sifat fisikokimia RS3 pati kacang-kacangan meliputi analisis warna, kadar RS3, tipe kristal, dan parameter gelatinisasi dengan prosedur seperti penjelasan pada penelitian tahun pertama.

2. Tahap 2: Pengujian potensi RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multisiklus terpilih sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik dan sumber SCFA secara *in vivo*

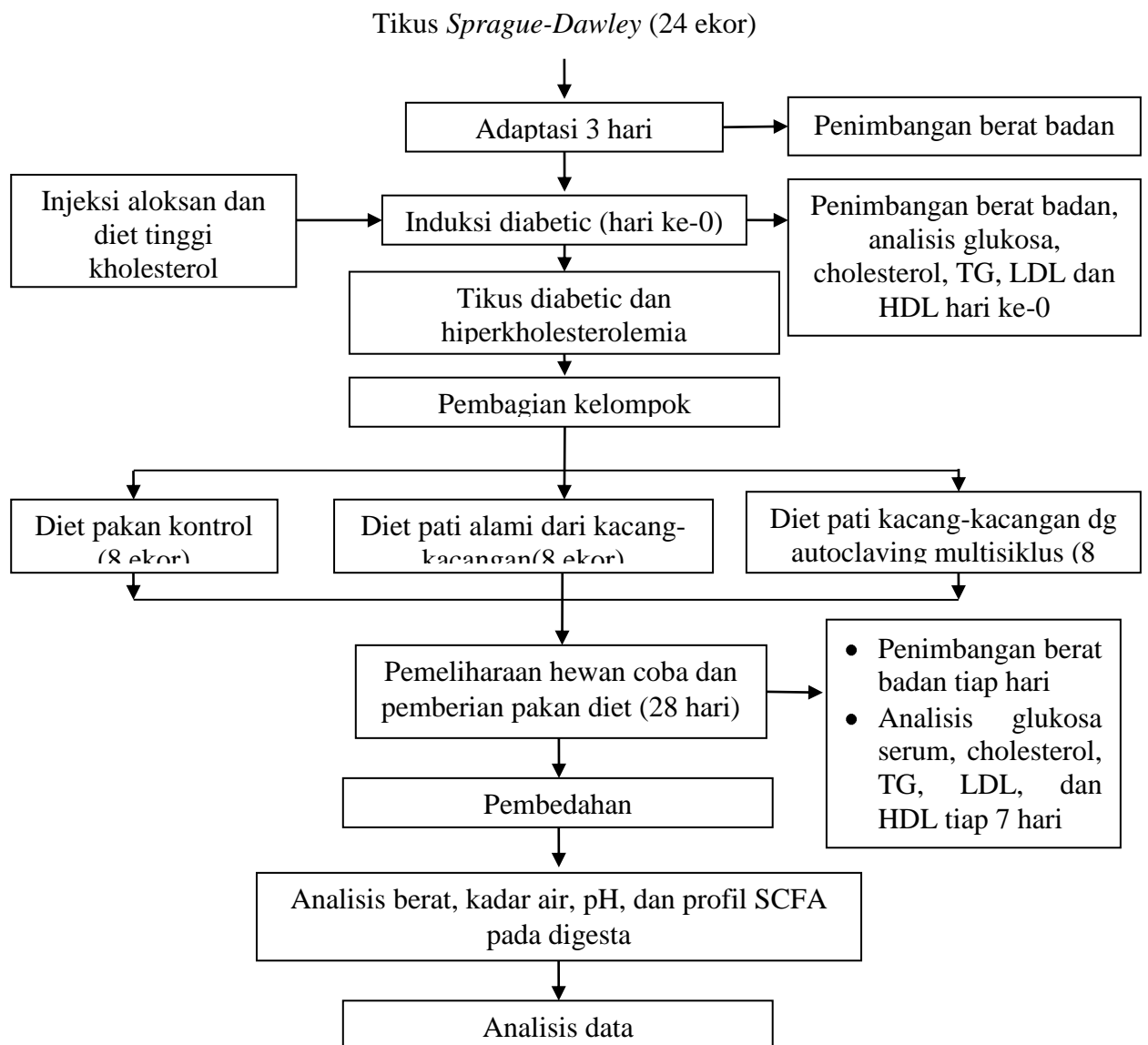
Pengujian potensi RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan *autoclaving* multisiklus terpilih sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik dan sumber SCFA secara *in vivo* dimulai dengan menyiapkan hewan coba di laboratorium Pemeliharaan Hewan Percobaan (UPHP) sebanyak 30 ekor tikus putih jantan jenis *Sprague Dawley* (SD) dengan umur 4 bulan dan berat 250-300 gram. Hewan coba tersebut dikandangkan secara tertutup dengan kondisi cahaya tidak terkontrol, ventilasi udara di dalam kandang cukup, temperatur udara pada suhu kamar. Pakan standar diberikan selama tiga hari dengan menggunakan standar AIN 1993 (Reeves, et, al. 1993). Selanjutnya dilakukan penimbangan berat badan dan pengukuran kadar glukosa darah, kadar kholesterol, trigliserida, LDL dan HDL. Kemudian diberikan pakan tinggi kholesterol selama 5 hari dan injeksi aloksan secara intraperitoneal dengan dosis 120 mg/kg berat badan tikus atau sebesar 2 ml/200 g berat badan tikus sampai

kadar glukosa darah di atas 200 mg/dl dan kadar kholesterol di atas 250 mg/dl. Kelompok tikus tersebut dibagi menjadi 3 perlakuan, yaitu 10 ekor diet pakan standar, 10 ekor diet pakan pati alami, dan 10 ekor diet pakan RS3 pati kacang-kacangan terpilih. Pemberian perlakuan diet selama 4 minggu atau 28 hari. Pakan diberikan 20 g tiap hari. Air minum diberikan secara *ad libitum*. Komposisi pakan yang digunakan bagi tikus SD dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Komposisi pakan perlakuan

Jenis komponen pakan	Diet standar	Diet pati alami kacang-kacangan terpilih	Diet pati kacang-kacangan dengan <i>autoclaving</i> multisiklus terpilih
Corn starch (gram)	560,7	460,7	460,7
Pati alami kacang-kacangan (gram)	0,0	100,0	0,0
Pati kacang-kacangan dengan autoclaving multisiklus terpilih (gram)	0,0	0,0	100,0
Kasein (gram)	200,0	200,0	200,0
Minyak jagung (gram)	40,0	40,0	40,0
Sukrosa (gram)	100,0	100,0	100,0
Mineral MIX (gram)	35,0	35,0	35,0
L-cystein (gram)	1,8	1,8	1,8
Vitamin MIX (gram)	10,0	10,0	10,0
Cholin bitartrat (gram)	2,5	2,5	2,5
Selulosa (gram)	50,0	50,0	50,0
TOTAL PAKAN (gram)	1.000,0	1.000,0	1.000,0

Setiap hari kandang dibersihkan, tempat penampungan kotoran dibersihkan dari kotoran atau feses yang melekat, sisa pakan ditimbang setiap hari. Pakan tikus diberikan setiap pagi hari. Selanjutnya penimbangan berat badan dan analisis glukosa serum, kadar kholesterol, trigliserida, LDL dan HDL dilakukan setiap satu minggu sekali atau tujuh hari sekali selama penelitian. Pada hari ke-empat puluh lima semua tikus dimatikan menggunakan eter dan dilakukan pembedahan untuk pengambilan digesta pada caecum. Digesta di dalam caecum dikeluarkan dan dilakukan analisa berat, kadar air dan pH digesta serta dilakukan analisa untuk mengetahui profil asam lemak rantai pendek (SCFA), yaitu asetat, propionat dan butirat dengan menggunakan kromatografi gas. Alur penelitian analisis pengujian potensi RS3 dari pati kacang-kacangan sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik dan sumber SCFA secara *in vivo* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Alur pengujian potensi RS3 dari pati kacang-kacangan sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik dan sumber SCFA secara *in vivo*

B. Rancangan Penelitian Tahun Kedua

Rancangan penelitian pada tahun kedua dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rancangan penelitian dan target luaran pada penelitian tahun kedua

No	Uraian Tahap Penelitian	Indikator Capaian	Target Luaran
1	Pengaruh perlakuan <i>autoclaving</i> multi siklus terhadap sifat-sifat fisikokimia RS3 pati kacang-kacangan	Rendemen RS3 dan sifat fisikokimia RS3 pati kacang-kacangan (warna, kadar air, kadar RS, tipe kristal, sifat termal)	1. RS3 pati kacang-kacangan sebagai ingredient fungsional. 2. Artikel publikasi untuk seminar nasional.
2	Pengujian potensi RS3 dari pati kacang-kacangan dengan perlakuan <i>autoclaving</i> multisiklus terpilih sebagai agen hipoglikemik, hipokholesterolemik dan sumber SCFA secara <i>in vivo</i>	Perubahan berat badan, kadar glukosa, kolesterol total, trigliserida, LDL, HDL, serta berat, kadar air, pH, dan profil SCFA pada digesta.	3. Artikel publikasi untuk jurnal ilmiah nasional terakreditasi/internasional. 4. Teknologi tepat guna: proses produksi RS3 pati kacang-kacangan

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa pati alami kacang-kacangan mempunyai sifat fisikokimia sebagai berikut:

1. Rendemen pati berkisar dari 7,69% (kacang koro putih) sampai dengan 25,49% (kacang merah).
2. Komposisi kimia (% berat kering) meliputi kadar air berkisar dari 8,39% (pati kacang koro pedang) sampai dengan 13,30% (pati kacang koro putih), kadar abu berkisar dari 0,15% (pati kacang tunggak) sampai dengan 0,30% (pati kacang koro putih), kadar protein berkisar dari 0,12% (pati kacang koro putih) sampai dengan 0,80% (pati kacang hijau), dan kadar lemak berkisar dari 0,16% (pati kacang koro pedang) sampai dengan 0,79% (pati kacang koro putih).
3. Kadar amilosa pati alami kacang-kacangan bervariasi dari 38,20% (pati kacang tunggak) sampai dengan 61,50% (pati kacang koro pedang).
4. Warna semua sampel pati alami kacang-kacangan cenderung ke putih dengan nilai L berkisar dari 94,44 (pati kacang tunggak) sampai dengan 96,25 (pati kacang koro pedang), nilai a berkisar dari -1,15 (pati kacang hijau) sampai dengan 0,94 (pati kacang tunggak), dan nilai b berkisar dari 3,87 (pati kacang merah) sampai dengan 8,08 (pati kacang hijau).
5. Struktur kristalin pati kacang-kacangan mempunyai tipe C dengan puncak utama pada 15°, 17°, dan 23° 2 θ pada semua sampel pati alami kacang-kacangan kecuali pada pati kacang tunggak yang terdapat puncak tambahan pada 18° 2 θ .

B. SARAN

Saran yang dapat direkomendasikan pada penelitian ini antara lain:

1. Metode ekstraksi pati masih dilakukan secara manual sehingga dapat dirancang peralatan untuk menggiling biji kacang-kacangan dan alat pengepresan slurry kacang-kacangan agar dapat diproduksi secara komersial dengan rendemen lebih tinggi.
2. Ekstraksi pati dari kacang koro pedang membutuhkan waktu perendaman yang lebih lama (3-4 hari) untuk menghilangkan HCN sehingga perlu dicari alternatif metode penurunan HCN selain perendaman dengan air, misalnya perendaman dalam air garam atau air kapur.

DAFTAR PUSTAKA

- BeMiller, J. dan R. Whistler. 2009. Starch: Chemistry and Technology. Third Edition. Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Bourquin, L.D., Titgemeyer & Fahey Jr. 1993. Vegetable Fiber Fermentation by Human Fecal Bacteria, Cell Wall Polysaccharides Disappearance and Short Chain Fatty Acids Production during in vitro Fermentation and Water Holding Capacity of Unfermented Residue. *J. Nutr.* 123 : 860-869.
- Brown, I.L. 2004. Applications and uses of resistant starch. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 87(3), 727-732.
- Champ, M., Langkilde, A. M., & Brovns, F. 2003. Advances in dietary fiber characterization 1. Definition of dietary fiber, physiological relevance, health benefits and analytical benefits. *Nutrition Research Reviews*, 16, 71–82.
- Champ, M.M.J. 2004. Physiological aspects of resistant starch and in vivo measurements. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 87(3), 749-755.
- Chung, H. J., Liu, Q., Donner, E., Hoover, R., Warkentin, T. D., dan Vandenberg, B. 2008. Composition, molecular structure, properties and in vitro digestibility of starches from newly released Canadian pulse cultivars. *Cereal Chemistry*, 85, 471–479.
- Chung, H. J., Liu, Q., dan Hoover, R. 2010. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties and nutritional fractions of pea, lentil and navy bean starches. *Food Research International*, Vol 43, Issue 2 (March 2010):501-508.
- Daniel, M, E. Wiskee, G. Rave & Walter Feldhein. 1997. Fermentation in Human Subject of Nonstarch Polysaccharides in Mixed Diet, but not in Barley Fiber Concentrate, Could be Predicted by in Vitro Fermentation using Human Fecal Inocula. *J. Nutr.* 127 : 1981 – 1988.
- Eerlingen, R.C., and Delcour, J.A. 1995. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. ***Journal of Cereal Science*** 22: 129-138.
- Englyst HN, Wiggins HS, Cummings JH. 1982. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 107:307–18.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, S33–S50.
- Fuentes-Zaragoza, E., M.J. Riquelme-Navarrete, E. Sánchez-Zapata, J.A. Pérez-Álvarez. 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43 (2010) 931–942. doi:[10.1016/j.foodres.2010.02.004](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.004)

- Goldring, J.M. 2004. Resistant starch: safe intakes and legal status. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 87(3), 733-739
- Granito, M., Michel, C., Frías, J., Champ, M., & Guerra, M. 2005. Fermented *Phaseolus vulgaris*: Acceptability and intestinal effects. *European Food Research and Technology*, 220, 182–186.
- Güzel, D. dan Sedat Sayar. 2010. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. *J Food Sci Technol*. DOI 10.1007/S13197-011-0260-0
- Hoover, R. dan Y. Zhou. 2003. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes—a review. *Carbohydrate Polymers* 54 (2003) 401–417. doi:10.1016/S0144-8617(03)00180-2
- Hoover, R., T. Hughes, H.J. Chung, Q. Liu. 2010. Composition, Molecular Structure, Properties, and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International* 43: 399–413. doi:10.1016/J.Foodres.2009.09.001
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16:334-338.
- Kendall, W.C., Emam, A., Agustin, S.A, & Jenkins, J.A. 2004. Resistant starches and health. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 87(3), 769-774.
- Kumari, M., Urooj, A., & Prasad, N. N. 2007. Effect of storage on resistant starch and amylose content of cereal–pulse based ready-to-eat commercial products. *Food Chemistry*, 102(4), 1425–1430.
- Lebovittz HE. 1999. Type 2 diabetes. [An overview]. *Clin Chem* 45:1339-1345.
- Marsman, K.E. & M.J. Mc Burney. 1995. Dietary Fiber Increases Oxidative Metabolism in Colonicocytes but not in Distal Small Intestinal Enterocytes Isolated from Rats. *J.Nutr.* 125 : 273-382.
- Marsono, Y., P. Wiyono, dan Zuheid Noor. 2001. Penentuan Indeks Glisemik Kacang-kacangan, Faktor Determinan dan Uji Efek Hipoglikemiknya. http://lib.ugm.ac.id/digitasi/index.php?module=cari_hasil_full&idbuku=432
- Miao, M., Zhang, T., dan Jiang, B. 2009. Characterisations of kabuli and desi chickpea starches cultivated in China. *Food Chemistry*, 113, 1025–1032.
- Mohammadkhani, A., F. L. Stoddard, D. R. Marshal, M. N. Uddin, dan X. Zhao. Starch extraction and amylose analysis from half seeds. *Starch/Stärke* 1999, 51, 62–66.
- Niba, L. L. 2002. Resistant Starch: a potential functional food ingredient. *Nutrition and Food Science*, Vol 32 (2): 62-67.
- Niba, L. L. dan Nick Rose. 2003. Effect of soaking solution concentration on resistant starch and oligosaccharides content of adzuki (*V. angularis*), fava (*V. faba*), lima (*P. lunatus*), and mung bean (*V. radiata* L.). *Journal of Food Science*, 1 (1): 4-8.

- Nugent, A.P. 2005. Review: Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin*, 30, 27–54. British Nutrition Foundation.
- Perera, A., V. Meda, R.T. Tyler. 2010. Resistant starch: A review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. *Food Research International* 43 (2010) 1959–1974. doi:10.1016/j.foodres.2010.06.003
- Rimbawan, Siagian A. 2004. *Indeks Glikemik Pangan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Satya, S., Geetanjali Kaushik, S. N. Naik. 2010. Processing of food legumes: a boon to human nutrition. *Mediterr J Nutr Metab* (2010) 3:183–195. DOI 10.1007/s12349-010-0017-8
- Sajilata, M.G. Rekha S. Singhal, dan Pushpa R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 1–17.
- Sharma, A., Yadav, B. S., & Ritika. 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International*, 24, 193–234.
- Shi, Miao-miao dan Qun-yu Gao. 2011. Physicochemical properties, structure and in vitro digestion of resistant starch from waxy rice starch. *Carbohydrate Polymers* 84 (2011) 1151–1157. doi:10.1016/j.carbpol.2011.01.004
- Shimada, M., Kazuki Mochizuki, dan Toshinao Goda. 2009. Feeding Rats Dietary Resistant Starch Shifts the Peak of SGLT1 Gene Expression and Histone H3 Acetylation on the Gene from the Upper Jejunum toward the Ileum. *J. Agric. Food Chem.* 2009, 57, 8049–8055. DOI:10.1021/jf900594z
- Storey, D., Lee, A., Bornet, F., & Brouns, F. 2007. Gastrointestinal responses following acute and medium term intake of retrograded resistant maltodextrins, classified as type 3 resistant starch. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1262–1270.
- Tovar J, Melito C. 1996. Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. *J Agric Food Chem* 44(9):2642–5.
- Tharanathan, R. N. 2002. Food derived carbohydrates-structural complexity and functional diversity. *Crit. Rev. Biotechnol*, 22, 65–84.
- Tharanathan, R.N. dan S. Mahadevamma. 2003. Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14 (2003) 507–518. doi:10.1016/j.tifs.2003.07.002
- Walleit W, Manson J, Liu S. 2002. Glycemic index, glycemic load and risk of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 76(1):274S-280S.
- WHO. 1999. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Department of Noncommunicable Disease Surveillance, Geneva.
- Wild S, Roglic G, Green A, et al. (2004) Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 27, 1047–1053.

- Yadav, B.S., Sharma, A. and Yadav, R.B. 2007. Study of effect of natural fermentation on the resistant starch content of legume based fermented foods. *Journal of Agricultural Technology* 3(1): 21-27.
- Yadav, B. S., Sharma A., dan Yadav R. B. 2010. Resistant starch content of conventionally boiled and pressure-cooked cereals, legumes and tubers. *J Food Sci Technol* (January–February 2010) 47(1):84–88

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Perjanjian Internal Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Karangmalang, Yogyakarta. 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax. (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

SURAT PERJANJIAN INTERNAL
PELAKSANAAN PENELITIAN HIBAH BERSAING
Nomor : 28/HB-Multitahun/UN 34.21/2013

Pada hari ini selasa tanggal delapan belas bulan Juni tahun dua ribu tiga belas kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Prof. Dr. Anik Ghufroh. : Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta yang berkedudukan di Yogyakarta dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama perguruan tinggi tersebut; selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Nani Ratnaningsih, S.T.P, M.P : Ketua Tim Peneliti dari Penelitian Hibah Bersaing , yang beralamat di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Surat Perjanjian Internal ini berdasarkan :

1. Undang-undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara;
3. Undang-undang Republik Indonesia No. 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-undang Republik Indonesia No. 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Peraturan Presiden No. 47 Tahun 2009, tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
6. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional No. 975/A3/3/KU/2011, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan/Pengelola Keuangan pada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
7. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 31 Tahun 2010, tentang Organisasi dan Tata Keuangan Kementerian Pendidikan Nasional;
8. Peraturan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 09/DIKTI/Kep/2011, tentang Petunjuk Teknis Kegiatan Penugasan di Lingkungan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
9. Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 35/DIKTI/Kep/2011, tentang Penugasan Pelaksanaan Penelitian bagi Dosen Perguruan Tinggi Tahun 2011;
10. Surat Perjanjian Penugasan dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2013. Nomor : 447a/HB-Multitahun/UN34.21/2013 tanggal 13 Mei 2013
11. DIPA Universitas Negeri Yogyakarta No. : DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 5 Desember 2012. Revisi ke-3 No.: DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 6 Mei 2013.

12. Surat Keputusan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY No. : 053 Tahun 2013 tanggal 10 Mei 2013 tentang Penetapan Nama dan Judul Penelitian Hibah Bersaing Universitas Negeri Yogyakarta

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA menerima tugas tersebut sebagai penanggung jawab dan mengkoordinasikan pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing dengan judul dan nama Ketua/Anggota Peneliti sebagai berikut :

- Judul : Potensi Fungsional Resistant Starch Tipe 3 dari Kacang- kacangan dengan Perlakuan Autoclaving Multisiklus Untuk Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe II
- Ketua Peneliti : Nani Ratnaningsih, S.T.P, M.P
- Anggota : 1. Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, M.S
2.
3.

Pasal 2

- (1) PIHAK PERTAMA memberikan dana Penelitian Hibah Bersaing yang tersebut pada Pasal 1 sebesar Rp 50000000. (lima puluh juta rupiah) yang dibebankan kepada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Yogyakarta No. : DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 5 Desember 2012. Revisi ke-3 No.: DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 6 Mei 2013.
- (2) PIHAK KEDUA berhak menerima dana tersebut pada ayat (1) dan berkewajiban menggunakan sepenuhnya untuk pelaksanaan penelitian sebagaimana pasal 1 sampai selesai sesuai ketentuan pembelanjaan keuangan negara.

Pasal 3

Pembayaran dana Penelitian Hibah Bersaing ini akan dilaksanakan melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY dan dibayarkan secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :

- (1) Tahap Pertama 70% sebesar Rp 35000000 (tiga puluh lima juta rupiah) setelah Surat Perjanjian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak.
- (2) Tahap Kedua 20% sebesar Rp 10000000 (sepuluh juta rupiah) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Akhir Hasil Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hardcopy sebanyak 6 (enam) eksemplar disertai softcopy (CD dalam format "pdf") paling lambat tanggal 31 Oktober 2013.
- (3) Tahap ketiga 10% sebesar Rp 5000000 (lima juta rupiah) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Hasil Kinerja Penelitian kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hard copy sebanyak 3 (tiga) disertai Softcopy (CD dalam bentuk format "PDF".
- (4) PIHAK KEDUA wajib membuat Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing dan Laporan Penggunaan Keuangan sejumlah termin I sebesar 70%, dan diserahkan kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hardcopy masing-masing 2 (dua) eksemplar paling lambat tanggal 15 Agustus 2013.
- (5) PIHAK KEDUA berkewajiban mempertanggungjawabkan pembelanjaan dana yang telah diterima dari PIHAK PERTAMA dan menyimpan bukti-bukti pengeluaran yang telah disesuaikan dengan ketentuan pembelanjaan keuangan Negara.

- (6) PIHAK KEDUA berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetorkan ke Kas Negara.

Pasal 4

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk:

- (1) Mempresentasikan hasil penelitiannya pada seminar yang akan dilaksanakan oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Depdiknas Jakarta;
- (2) Mendaftarkan hasil penelitiannya untuk memperoleh HKI;
- (3) Memanfaatkan hasil penelitian untuk proses bahan mengajar;
- (4) Mempublikasikan hasil penelitiannya pada jurnal yang terakreditasi.
- (5) Membayar PPh pasal 21, PPh pasal 22, PPh pasal 23 dan PPh sesuai ketentuan yang berlaku
- (6) Mengikuti Seminar dari Awal sampai dengan selesai

Pasal 5

- (1) Jangka waktu pelaksanaan penelitian yang dimaksud Pasal 1 ini selama 6 (enam) bulan terhitung mulai 13 Mei 2013 sampai dengan 20 Nopember 2013, dan PIHAK KEDUA harus menyelesaikan Penelitian Hibah Bersaing yang dimaksud dalam Pasal 1 selambat-lambatnya **20 Nopember 2013**.
- (2) PIHAK KEDUA harus menyerahkan kepada PIHAK PERTAMA berupa :
 - a. Laporan Akhir Hasil Penelitian dalam bentuk hardcopy sebanyak 6 (enam) eksemplar, dan dalam bentuk soft copy (CD dalam format **“.pdf”**) sebanyak 1 (satu) keping.
 - b. Artikel ilmiah untuk dimasukkan ke Jurnal di Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY, yang terpisah dari laporan sebanyak 2 (dua) eksemplar
- (3) Laporan hasil penelitian dalam bentuk hard copy harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Bentuk/ukuran kertas kuarto
 - b. Warna cover **Orange**
 - c. Di bagian bawah kulit ditulis :
Dibiayai oleh DIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan Surat Perjanjian Penugasan dalam rangka Pelaksanaan Program Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2013 Nomor: Nomor : 447a/HB-Multitahun/UN34.21/2013 tanggal 13 Mei 2013
- (4) Selanjutnya laporan tersebut akan disampaikan ke :
 - a. Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - b. PDII LIPI Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - c. BAPPENAS c.q. Biro APKO Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - d. Perpustakaan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY sebanyak 3 (tiga) eks.
- (5) Apabila batas waktu habisnya masa penelitian ini PIHAK KEDUA belum menyerahkan Laporan Akhir Hasil Penelitian kepada PIHAK PERTAMA, maka PIHAK KEDUA dikenakan denda sebesar 1% (satu persimil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian, terhitung dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan sampai dengan berakhirnya pembayaran dana Hibah Penelitian oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Pasal 6

- (1) Apabila ketua peneliti sebagaimana dimaksud pasal 1 tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana sesuai dengan bidang ilmu yang diteliti dan merupakan salah satu anggota tim;
- (2) Bagi Peneliti yang tidak dapat menyelesaikan kewajibannya dalam Tahun Anggaran yang sedang berjalan dan waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka seluruh dana yang belum sempat dicairkan dinyatakan hangus dan kembali ke Kas Negara.
- (3) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud pada pasal 1 maka harus mengembalikan seluruh dana yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA, untuk selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 dijumpai adanya indikasi duplikasi dengan penelitian lain dan/atau diperoleh indikasi ketidakjujuran dan itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka penelitian tersebut dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan seluruh dana penelitian yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetor ke Kas Negara.

Pasal 7

Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 8

Hasil penelitian berupa peralatan dan / atau alat yang dibeli dari kegiatan penelitian ini adalah milik negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Negeri Yogyakarta atau Lembaga Pemerintah lain melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 9

Surat Perjanjian Internal Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing ini dibuat rangkap 2 (dua), dan masing-masing dibubuhi meterai sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya meterainya dibebankan kepada PIHAK KEDUA.

Pasal 10

Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan ditentukan kemudian oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

PIHAK KEDUA
Ketua Peneliti,

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM
Universitas Negeri Yogyakarta


Nani Ratnaningsih, S.T.P, M.P,


Prof. Dr. Anik Ghufro
NIP. 19621111 198803 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat: Karangmalang, Yogyakarta, 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax. (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

**BERITA ACARA
PELAKSANAAN SEMINAR PROPOSAL/INSTRUMEN PENELITIAN**

1. Nama Peneliti : Nani Ratnaningsih, S.Pd. MP.
2. Jurusan/Prodi :
3. Fakultas : FT.
4. Skim Penelitian : APHB
5. Judul Penelitian : Potensi fungsional Resistant Starch Tipe 3 dari kacang-kacangan dan perlakuan autoclaving multi-siklus....
6. Pelaksanaan : Tanggal Jabre Jam 08.30 - 13.20
7. Tempat : R. Sidang LPPM UNY
8. Dipimpin oleh : Ketua Dr. Siti Hamidah
Sekretaris Dr. Darmanto W.
9. Peserta yang hadir : a. Konsultan : orang
b. Nara sumber : orang
c. BPP : orang
d. Peserta lain : orang
Jumlah : orang

SARAN -SARAN

1. Ketersediaan transfer dari objek binatang ke manusia (khusus ke manusia).
2. Portegas jenis penelitiannya.
3. Uji prosedur penelitiannya.

10. Hasil Seminar;


Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan bahwa proposal penelitian tersebut di atas:

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
- b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang


Dr. Sita Hannings
NIP: 19530202 19903 2 001

Mengetahui
Badan Pertimbangan
Penelitian


Dr. Sita Hannings
NIP: 19530202 19903 2 001

Sekretaris
Sidang


Dr. Darmans, M.P.
NIP: 19540805 19901 1 001

DAFTAR HADIR SEMINAR PELITIAN

Jenis Seminar : Desain Proposal/Instrumen Penelitian
 Hari, Tanggal : Sabtu, 22 Juni 2013
 Pukul : 07.30 - Selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM
 Kelompok :

No.	N A M A	GELAR	TANDA TANGAN
1	Sri Handayani	M.Si . Dr	1.
2	Heru Nurcahyo	Dr. drh. M.Kes	2.
3	Anna Rakhmawati	M.Si	3.
4	IGusti Putu Suryadarma	Prof. Dr.	4.
5	Dhoriva Urwatul Wutsqa	Dr. M.S	5.
6	Eko Widodo	M.Pd	6.
7	Antuni Wiyarsi	S.PdSi., M.Si	7.
8	Paidi	Dr. M.Si	8.
9	Sri Alun	Prof. Dr.	9.
10	Retro Arianingrum	M.Si	10.
11	Juli Astono	M.Si	11.
12	Soeharto	MSOE, Ed.D	12.
13	Nani Ratnaningsih	S.T.P., M.P	13.
14	Handaru Jati	MT., Ph.D	14.
15	Fatchul Arifin	ST., M.T	15.
16	Pardjono	Prof. PhD.	16.
17	M. Bruri Triyono	Dr. M.Pd	17.
18	Badrun Kartowagiran	Prof. Dr	18.
19	Soenarto	Prof. Ph.D	19.
20	Sukardi	Prof., PhD.	20.
21	Mujiyono	Dr.	21.
22	Umi Rochayati	MT	22.
23	Arianto Leman S	MT	23.
24	Mutiara Nugraheni	Dr. M.Si	24.
25	Amat Jaedun	Dr., M.Pd	25.
26	Ariswan	Dr.	26.
27	Annan	Dr	27.
28	M. Lis Endarwati	M.Si	28.
29	Putu Sudiro	Dr	29.
30	Siti Hamidah	Dr	30.
31	Darmono	MT	31.
32			32.
33			33.
34			34.
35			35.

Yogyakarta, 22 Juni 2013
 Ketua Sidang

Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Karangmalang, Yogyakarta. 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

FRM/LEMLIT-PROG/09-02
04 NOV. 2008

**BERITA ACARA
PELAKSANAAN SEMINAR HASIL PENELITIAN DANA DESENTRALISASI**

1. Nama Peneliti : Nani Ratnaningsih, S.T.P, M.P
2. Jurusan/Prodi : PT. Boga & Budana
3. Fakultas : Teknik
4. Skim Penelitian : APHS
5. Judul Penelitian : Potensi Functional Resistant Starch Tipe 3 dari kacang tanah dgn perlakuan Autoclaving Multisiklus utk pencegahan DM tipe II
6. Pelaksanaan : Tanggal 18 November 2013 Jam 07.30 - 14.00
7. Tempat : Ruang Sidang LPPM - UNY
8. Dipimpin oleh : Ketua Aris Nuryanto M.P
Sekretaris Nuryan P. M.P
9. Peserta yang hadir : a. Konsultan : orang
b. Nara sumber : orang
c. BPP : orang
d. Peserta lain : orang
Jumlah : orang

SARAN-SARAN

1. Modul terlalu kompleks, bisa dipecah-pecah untuk penelitian lanjutan.
2. Perlu di perbesar implementasinya bagi lebih dari masyarakat supaya bisa digunakan untuk menghindari DM tipe II.
3. Perlu segera di submit artikel untuk publikasi jurnal.

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tuli seminar berkesimpulan bahwa hasil penelitian tersebut di atas :

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan hasil Penelitian
- b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang



NIP: 197909222001121001

Mengetahui
Pembahas/Reviewer
Penelitian



Dr. Aman M.Pd
NIP:

Sekretaris
Sidang

Musyadin Doo R, Mpd
NIP: 197201152002121002

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL PENELITIAN

Jenis Seminar : Hasil Penelitian Desentralisasi & Kompetitif Nasional
 Hari, Tanggal : Senin, 18 November 2013
 Pukul : 07.30 - Selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM
 Kelompok : 1 & 2

No.	N A M A	GELAR	TANDA TANGAN	
1	Sri Handayani	M.Si	1.	2.
2	Heru Nurcahyo	Dr.drh., M.Kes	3.	4.
3	Anna Rakhmawati	M.Si	5.	6.
4	I Gusti Putu Suryadarma	Dr.	7.	8.
5	Dhoriva Urwatul Wutsqa	Dr., MS	9.	10.
6	Eko Widodo	M.Pd	11.	12.
7	Antuni Wiyarsi	M.Si	13.	14.
8	Paidi	Dr., M.Si	15.	16.
9	Sri Atun	Prof. Dr.	17.	18.
10	Retno Arianingrum	M.Si	19.	20.
11	Juli Astono	M.Si	21.	22.
12	Soeharto	MSOE	23.	24.
13	Nani Ratnaningsih	MP	25.	26.
14	Handaru Jati	MM., MT., Ph.D	27.	28.
15	Fatchul Arifin	MT	29.	30.
16	Pardjono	Prof., Ph.D	31.	32.
17	M. Bruri Triyono	Dr., M.Pd	33.	34.
18	Badrun Kartowagiran	Dr.	35.	36.
19	Soenarto	Prof., Ph.D		
20	Sukardi	Prof., Ph.D		
21	Mujiyono	Dr.		
22	Umi Rochayati	MT		
23	Arianto Leman Soemowidagdo	MT		
24	Mutiara Nugraheni	Dr., M.Si		
25	Amat Jaedun	Dr.		
26	Ariswan	Dr.		
27	Aman	Dr.		
28	Putu Sudira	Dr.		
29	Siti Hamidah	Dr.		
30	M. Lies Endarwati	M.Si		
31	Darmono	MT		
32	DAVID			
33	Dessy Irmawati			
34	SUKIR			
35	V. Lilik Hariyanti	M-IR		
36	Agri W.			

Agri W. MT.

77.
 Yogyakarta, 18 November 2013
 Ketua Sidang

Lampiran 4. Biodata Tim Peneliti

**BIODATA PENELITI
KETUA PENELITI HIBAH BERSAING**

(1) Identitas diri

1.	Nama Lengkap	: Nani Ratnaningsih, S.T.P., M.P. (L/P)
2.	Jabatan Fungsional	: Lektor
3.	NIP	: 19721113 199702 2 001
4.	NIDN	: 0013117205
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	: Yogyakarta, 13 November 1972
6.	Alamat Rumah	: Denggung RT 01/RW 35, Tridadi, Sleman, Yogyakarta
7.	Nomor Telp./Fax./HP	: (0274) 865222 / - / 085643011397
8.	Alamat Kantor	: Jur. Pendidikan Teknik Boga dan Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta Karangmalang, Yogyakarta 55281
9.	Nomor Telp. / Fax.	: (0274) 586168 psw 278 / (0274) 565500
10.	Alamat email	: nratnaningsih@yahoo.com
11.	Lulusan yang telah dihasilkan	: S1 = 20 orang, S2 = - , S3 = -
12.	Mata Kuliah yang diampu	1. Ilmu Pangan
		2. Mikrobiologi Pangan
		3. Pengendalian Mutu Pangan
		4. Makanan Kesehatan
		5. Pengujian Bahan Pangan

(2) Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama PT	Universitas Gadjah Mada	Universitas Gadjah Mada	Universitas Gadjah Mada
Bidang Ilmu	Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian	Ilmu dan Teknologi Pangan	Ilmu Pangan
Tahun Masuk-Lulus	1991-1996	1996-1999	2010-sekarang
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Tingkat Cemarkan Jamur Pada Tahapan Pengolahan Beberapa Makanan Kering	Amobilisasi Lipase dari <i>Rhizopus delemar</i> Untuk Sintesis Propilen Glikol Monoester dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit	Sifat Fisik dan Kimia <i>Resistant Starch</i> Tipe 3 Kacang Tunggak (<i>Vigna Unguiculata</i>) dengan Perlakuan <i>Autoclaving</i> Multisiklus Serta Potensi Antipreneoplastiknya Untuk Pencegahan Kanker Kolon
Nama Pembimbing/Promotor	Dr. Ir. Djoko Wibowo	1. Dr. Ir. Suparmo, M.Sc. 2. Dr. Ir. Retno Indrati, M.Sc.	1. Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, M.S. 2. Dr. Ir. Suparmo, M.Sc. 3. Prof. Dr. Ir. Eni Harmayani, M.Sc.

(3) Pengalaman penelitian (5 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta rupiah)
1	2007	Training Center sebagai Alternatif Pembekalan dan Penajaman Kompetensi Mahasiswa sebelum Melaksanakan Praktek Industri (anggota)	Teaching Grant PHK A3 Jur PTBB FT UNY	25
2	2008- 2009	Kajian Tempe Kacang Tolo Sebagai Sumber Isoflavon yang Berpotensi Sebagai Makanan Fungsional (ketua)	Hibah Bersaing DP2M Dikti	95
3	2009- 2010	Potensi Beras Hitam Sebagai Sumber Antosianin dan Aplikasinya Pada Makanan Tradisional Yogyakarta (ketua)	Hibah Kompetitif Sesuai Prioritas Nasional Batch II DP2M Dikti	139,5
4	2013	Potensi Fungsional <i>Resistant Starch</i> Tipe 3 dari Kacang-kacangan Dengan Perlakuan Autoclaving Multisiklus Untuk Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe II (ketua)	Hibah Bersaing (dana desentralisasi UNY)	50

(4) Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat (5 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta rupiah)
1	2007	Teknologi Pengawetan Cabai Merah Sebagai Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Petani di Kecamatan Galur, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta	DIPA UNY	5
2	2007	Teknologi Pengawetan Bawang Merah dengan penuntasan minyak sistem sentrifugasi sebagai alternatif penanganan pasca panen di Kec Galur, Kulon Progo	DIPA UNY	5
3	2008	Teknologi pengolahan ampas tahu sebagai upaya peningkatan nilai ekonomi limbah padat bagi pengusaha tahu	DIPA UNY	7,5
4	2008	Upaya Pengembangan Profesionalisme Guru SMK Melalui <i>Workshop</i> Penulisan Karya Ilmiah	DIPA UNY	7,5
5	2009	Teknologi pengawetan buah melon sebagai upaya peningkatan nilai guna dan nilai ekonomi bagi petani melon	DP2M DIKTI	7,5
6	2009	Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Jahe sebagai Ketrampilan Guru SMK dalam Upaya Pengembangan Kewirausahaan Sekolah	DP2M DIKTI	7,5
7	2009	Teknologi Pengolahan Pati Garut Dan	DIPA UNY	15

		Diversifikasi Produk Olahannya Dalam Rangka Peningkatan Ketahanan Pangan		
8	2010	IbM KSM Mekar Sari Untuk Diversifikasi Produk Umbi Ganyong Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan Berbasis Umbi-Umbian Lokal Di Kabupaten Kulon Progo, D.I.Yogyakarta	DP2M DIKTI	36,5
9	2010	Teknologi Pengolahan Buah Naga Di SMK Pertanian	DIPA UNY	5
10	2011	Teknologi Pengolahan Tepung Sukun Sebagai Upaya Pemberdayaan Wanita Pedesaan Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan	DIPA UNY	15
11	2012	Teknologi pengawetan cabe merah	DIPA UNY	10
12	2012	Teknologi pengolahan jamur	DIPA UNY	17,5

(5) Pengalamam Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal (5 tahun terakhir)

No	Judul Artikel	Jurnal	Tahun
1	Profil sensoris makanan basah tradisional di Kotamadya Yogyakarta	Jurnal Teknologi dan Kejuruan Universitas Negeri Malang (terakreditasi)	2007
2	Perubahan Kadar Protein Total dan Protein Tercerna Selama Proses Fermentasi Tempe Kacang Tolo	Jurnal Saintek, Lemlit UNY	2007
3	Upaya Pengembangan Profesionalisme Guru SMK Melalui Workshop Penulisan Karya Ilmiah	Jurnal Inoteks, LPM UNY	2009
4	Pengaruh Jenis Kacang Tolo, Proses Pembuatan dan Jenis Inokulum terhadap Perubahan Zat-zat Gizi pada Fermentasi Tempe Kacang Tolo	Jurnal Penelitian Saintek Volume 14, Nomor 1, Oktober 2009, ISSN : 1412-3991, Penerbit Lembaga Penelitian UNY	2009

(6) Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Peran Kimia dan Pendidikan Kimia Dalam Era Otonomi	Pembuatan Tempe Kacang Tolo sebagai Alternatif Sumber Protein Nabati	Januari 2007, Lemlit UNY
2	Seminar Nasional PATPI Peningkatan Keamanan Pangan Menuju Pasar Global	Perubahan Zat-Zat Gizi Selama Fermentasi Tempe Kacang Tolo	Januari 2007, Yogyakarta
3	Seminar Internasional Optimalization of	Tempe Rahasia Sehat Masyarakat Indonesia Menuju Indonesia Sehat	Juli 2008, Universitas Negeri

	Vocational Education for the Human Resource Development	2010	Padang
4	Seminar dan Lokakarya Nasional PHK A3 Mencetak Guru Profesional dan Kreatif Bidang Vokasi	Potensi dan Manfaat Rumput Laut Sebagai Bahan Pangan dan Kosmetika	Desember 2008, Jurusan PTBB FT UNY
5	Seminar nasional “Peran Pendidikan Kejuruan dalam Pengembangan Industri Kreatif”	Pengembangan Beras Hitam Sebagai Bahan Pangan Fungsional Untuk Mendukung Industri Kreatif Bidang Pangan dan Kuliner	Desember 2009, Jurusan PTBB FT UNY
6	Seminar Nasional Mindset Revolution	Diversifikasi Produk Umbi Ganyong Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan Berbasis Umbi-Umbian Lokal	Februari 2010, Universitas Negeri Malang
7	Seminar Nasional Mindset Revolution	Teknologi Pengolahan Dan Diversifikasi Produk Umbi Garut Sebagai Upaya Pemanfaatan Bahan Pangan Lokal	Februari 2010, Universitas Negeri Malang
8	Seminar Nasional Diseminasi Hasil Penelitian Hibah Bersaing, Fundamental, dan RAPID	Potensi Tempe Kacang Tolo Sebagai Sumber Isoflavon Untuk Diversifikasi Makanan Fungsional Berbasis Tempe	4 Desember 2010, Lemlit UNY
9	Seminar Nasional “ <i>Character Building for Vocational Education</i> ”	Pengembangan Produk Pangan Berbasis Kacang-Kacangan Sebagai Sumber Isoflavon Untuk Mencegah Penyakit Degeneratif	5 Desember 2010, Ruang Sidang Rektorat UNY
10	Seminar Nasional “Wonderful Indonesia” Jurusan PTBB FT UNY	Strategi Diet Untuk Meningkatkan <i>Performance</i> Atlet Sepak Bola	3 Desember 2011, Aula KPLT FT UNY
11	Seminar Nasional “Optimalisasi Penelitian Dan PPM Untuk Pencerahan Dan Kemandirian Bangsa”	Sifat Fisik, Kimia, Dan Tingkat Kesukaan Pada Produk Makanan Tradisional Berbasis Beras Hitam	LPPM UNY, 6 Mei 2013
12	<i>Seminar Nasional “Konsumsi Pangan Sehat dengan Gizi Seimbang Menuju Tubuh Sehat Bebas Penyakit”</i>	Profil Isoflavon Dan Aktivitas Antioksidan Pada Tempe Kacang Tunggak (<i>Vigna unguiculata</i>)	<i>Auditorium Kamarijani-Soenjoto FTP UGM, 12-13 Oktober 2013</i>
13	2 nd International Food Safety Conference 2013	Improvement of blood lipid profile in hypercholesterolemic <i>Sprague-Dawley</i> rats with intake of <i>tunggak</i> bean (<i>Vigna unguiculata</i> L.) tempeh	Hotel Royale Chulan, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-3 Desember 2013

(7) Penulisan Buku : belum diterbitkan, masih berupa bahan ajar (diktat dan labsheet).

- (8) Pengalaman Perolehan HKI : belum ada.
- (9) Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya : belum ada
- (10) Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Dosen Berprestasi Ke-2 tingkat fakultas	Fakultas Teknik UNY	2004
2	Sertifikat Pendidik	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional	2010

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Hibah Bersaing.

Yogyakarta, 14 Desember 2013
Yang menyatakan,



Nani Ratnaningsih, S.T.P., M.P.
NIP 19721113 199702 2 001

**BIODATA PENELITI
ANGGOTA PENELITI HIBAH BERSAING**

(1) Identitas diri

1.	Nama Lengkap	: Prof. Dr. Ir. Y Marsono, M.S. (L/P)
2.	Jabatan Fungsional	: Guru Besar
3.	NIP	: 19490323 1979031 001
4.	NIDN	: 0023034904
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	: Klaten, 23 Maret 1949
6.	Alamat Rumah	: Jln. Kemuning 3/436, Condongcatur, Yogyakarta, 55283
7.	Nomor Telp./Fax./HP	: 0274- 549650 / 0274- 549650 / 0811 258 879
8.	Alamat Kantor	: Laboratorium Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
9.	Nomor Telp. / Fax.	: 0274- 549650 / 0274- 549650
10.	Alamat email	: yustimar49@yahoo.co.id
11.	Lulusan yang telah dihasilkan	: S1 = 50 orang, S2 = 25 orang, S3 = 7 orang
12.	Mata Kuliah yang diampu	1. Ilmu Gizi Makro (S2)
		2. Ilmu Gizi Lanjut (S3)
		3. Karbohidrat Lanjut (S3)
		4. Gizi Experimental (S2)
		5. Evaluasi Gizi Dalam Pengolahan Pangan (S1)

(2) Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama PT	Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta	Flinders University of South Australia, Adelaide
Bidang Ilmu	Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian	Ilmu dan Teknologi Pangan	Human Nutrition
Tahun Masuk-Lulus	1968 - 1977	1983 -1987	1991 - 1995
Judul Skripsi/Tesis/ Disertasi	Pengaruh penambahan krim kelapa terhadap kestabilan emulsi susu kedelai	Pengaruh bahan pengembang terhadap sifat gizi tahu kori	Complex Carbohydrates and lipids in rice products: effects on large bowel volatile fatty acids and plasma cholesterol in animals
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Moch Adnan MSc.	Dr. Ir. Tranggono, MSc	David L. Topping, Ph.D.

(3) Pengalaman penelitian (5 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta rupiah)
1	2008	Uji sifat hipolipidemik susu bubuk Produgen yang disuplementasi ekstrak Chicory	PT. Tiga Raksa Tbk	200,-
2	2011	Pengembangan susu kedelai-jagung dan pengujian Indeks glikemiknya.	Proyek HB DIKTI, thn 2011-2012	60,-
3	2012	Pengembangan susu kedelai-jagung dan pengujian Indeks glikemiknya.	Proyek HB DIKTI, thn 2012-2013	50,-
4	2012	Formulasi dan penentuan umur simpan krim kental manis kurang gula (SKKMKG).	PT. Indolakto, Tbk	75,-
5	2013	Penentuan Indeks glikemik Beras Analog	CV. Sinar Food Healthindo, Solo	15.6,-
6	2013	Penentuan Indeks glikemik Beras Organik	Badan Usaha Miliki Petani (BUMP) PT. Tanjung Mulia Agronusa, Magelang	16.5,-
7	2013	Potensi Fungsional Resistant Starch Tipe 3 dari Kacang-kacangan dengan Perlakuan Autoclaving Multisiklus Untuk Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe II	Penelitian Hibah Bersaing (desentralisasi UNY)	50

(4) Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat (5 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta rupiah)
1	2010	Nara sumber diskusi “Dari ketahanan pangan menuju kedaulatan atas pangan.	PS. Hak-hak Asasi Manusia dan Demokrasi FH_UAJY	-
2	2010	Peningkatan pemberdayaan perempuan dalam pengembangan unit usaha berbahan baku lokal menuju masyarakat sejahtera. Di kecamatan Pringkuku, Kab. Pacitan	RKAT FTP UGM	-
3	2011	Pelatihan Penelitian dengan hewan coba	Pusat Studi Pangan dan Gizi, UGM	-
4	2011	Ceramah :”Pengelolaan Gizi Keluarga”, di kecamatan Ponjong, Kab. Gunung Kidul	RKAT FTP UGM	-
5	2013	Pelatihan Penelitian dengan hewan coba	Pusat Studi Pangan dan Gizi, UGM	-
6	2013	Pencegahan diabetes secara dini dari aspek pangan dan gizi	WKRI Paroki Minomartani, Ngaglik, Sleman	-
7	2006-2010	Dewan Pengurus Yayasan Slamet Riyadi Yogyakarta	Yayasan	-
8	2011-2015	Dewan Pengawas yayasan Slamet Riyadi Yogyakarta	Yayasan	-

9	2009-2013	Dewan Penasehat Asosiasi Badan penyelenggaraan Perguruan Tinggi Swasta Indonesia (ABP-PTSI), Wilayah DIY	ABP PTSI, DIY	-
---	-----------	--	---------------	---

(5) Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal (5 tahun terakhir)

No	Judul Artikel	Jurnal	Tahun
1.	Efektifitas pH dan konsentrasi butirat anhidrida selama butirilisasi pati garut	Agritech 28 (2): 63-69	2008
2.	Efek hipokolesterolemik dan hipoglikemik pati-garut butirat pada tikus <i>Sprague Dawley</i>	Majalah Farmasi Indonesia 19 (3)	2008
3.	Penurunan Glukosa dan perubahan Profil Lipida serum tikus <i>Sprague-Dawley</i> Hiperglikemia-Hiperkolesterolemia akibat Asupan Sorbitol-oleat Poliester (SOPE)	Biota 14 (3): 139-149	2009
4.	Sifat prooksidatif fortifikan NaFeEDTA dan Fe-sulfat pada kecap hasil fortifikasi	Agritech 29 (2): 59-63	2009
5.	Sorbitol-Oleat Poliester: produksi, sifat fisiko kimia, dan perubahannya selama penggorengan	Agritech 29 (2): 96-102	2009
6.	Pengaruh Sorbitol-Oleat Poliester (SOPE) terhadap profil lipid serum tikus <i>Sprague Dawley</i>	Agritech 30 (1): 18-24	2009
7.	The effects of blanching treatment on the radical scavenging activity of white saffron (<i>Curcuma mangga</i> Val.)	Internat. Food Res. J. 17: 615-621	2010
8.	Pengaruh Blanching terhadap aktivitas Antioksidan, Kadar fenol, Flavonoid, dan Tanin Terkondensasi Kunir Putih (<i>Curcuma mangga</i> Val.)	Agritech 30, (3): 141-147	2010
9.	Aktivitas Antioksidan dan kadar senyawa fenolik pada Kunir Putih (<i>Curcuma mangga</i> Val.) Segar dan Blanching	Agritech 30, (2): 68-74	2010
10.	Potensi Bekasam bandeng (<i>Chanos chanos</i>) sebagai sumber angiotensin I Converting Enzyme Inhibitor.	<i>Biota</i> 16 (1): 145-152.	2011
11.	Potensi Bakteri asam Laktat yang diisolasi dari bekasam sebagai Penghasil angiotensin Converting Enzyme Inhibitor pada fermentasi Bekasam <i>Like Product</i> .	Agritech 32 (3): 258-264.	2012
12.	Effect of inulin isolated from lesser yam (<i>Discorea esculenta</i>) on the growth of probiotics bacteria and SCFA formation during fermentation.	<i>Int. Res. J. Of Microbiology</i> : 4(2): 53-63.	2013
13.	Effect of corn varieties on the characteristics of soycorn milk.	<i>Internat. Food Res. J.</i> 20(3): 1187-1190.	2013
14.	Pengaruh metoda ekstraksi terhadap karakteristik crude laminaran <i>Sargassum duplicatum</i> .	<i>Agritech</i> , Vol 33 (3): 251-257.	2013
15.	Efek pemberian buah jambu biji merah terhadap produksi SCFA dan kolesterol dalam caecum tikus hiperkolesterolemia.	<i>Agritech</i> , Vol 33 (3): 334-339.	2013
16.	Characterization of Physico-chemical of Crude Laminaran from <i>Sargassum duplicatum</i> and SCFA Profile with Bacterial Fermentative from Wistar Rats feces.	<i>J. Basic Appl. Sci. Res.</i> 3(2): 641-645.	2013

(6) Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan/Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	National Food Technology Competition (NFTC)	Innovation in Food Industry	Surabaya. 11 -12 Mei 2009
2.	International conference on dietetic	Functional food as nutraceutical: Dietary Fibre	Yogyakarta, 15-17 Oktober 2009
3.	Seminar nasional diversifikasi Pangan	Inovasi Teknologi dalam Percepatan Diversifikasi konsumsi pangan	Magelang, 4 Nopember 2010
4.	Seminar Nasional "Love your life with healthy food"	Mengenal lebih jauh Makanan Organik	Semarang, 28 Nopember 2010
5.	Seminar nasional "Nurse and Nutrition Problems in Indonesia"	Tantangan teknologi pangan dalam menghadapi perkembangan meningkatnya penyakit degeneratif	Salatiga, 2 April 2011
6.	Seminar Penelitian Nasional "research for future"	Perkembangan penelitian di bidang pangan dan gizi tentang diabetes militus di Indonesia	Yogyakarta, 19 Nopember 2011
7.	Seminar Nasional "Kemitraan Agroindustri dan Petani dalam Mewujudkan Kemandirian Pangan"	Pengembangan pangan lokal untuk meningkatkan nilai tambah hasil petani	Mataram, 17 Oktober 2012.
8.	Seminar nasional Pangan lokal	Pemanfaatan Pangan lokal sebagai pangan fungsional dalam peningkatan kesehatan masyarakat.	Yogyakarta, 19 Mei 2013
9.	National Food Technology Competition 2013	Inovasi Pangan Fungsional di era global	Surabaya, 11-12 Mei 2013
10.	Seminar Nasional pangan dan gizi 2013	Indeks Glikemik dan sifat hipoglikemik pangan fungsional untuk penderita diabetes, berbasis tepung garut	Jakarta, 27 Juni 2013
11.	Seminar nasional Diversifikasi pengolahan pangan lokal	Potensi diversifikasi pangan lokal sebagai solusi penanganan masalah gizi di Indonesia	Semarang, 25 September 2013

(7) Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 tahun terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Zat Gizi Makro:karbohidrat	2012	54	FTP-UGM
2	-			
3	-			

(8) Pengalaman Perolehan HKI dalam 5-10 tahun terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-			
2	-			
3	-			

(9) Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 tahun terakhir

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1	-			
2	-			
3	-			

(10) Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	SATYALANCANA KARYA SATYA XX TAHUN	Pemerintah RI	2007
2	SATYALANCANA KARYA SATYA XXX TAHUN	Pemerintah RI	2013
3	-		
4	-		
5	-		

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Hibah Bersaing.

Yogyakarta, 14 Desember 2013

Yang menyatakan,



Prof. Dr. Ir. Y Marsono, M.S.

NIP 19490323 1979031 001

Lampiran 5. Data Penelitian

1. Hasil rendemen pati kacang-kacang-kacangan

Sampel	Ulangan	Berat biji (g)	Berat pati (g)	Rendemen (%)
Kacang merah	1	2000.00	461.93	23.0965
	2	2000.00	557.52	27.8760
	Rata-rata			25.4863
	Sd			3.3796
KT lokal	1	600.04	110.75	18.4571
	2	600.05	125.48	20.9116
	3	1400.1	295.5	21.1061
	Rata-rata			20.1583
	Sd			1.4765
Kacang koro putih	1	2000	156.6	7.8300
	2	2000	150.89	7.5445
	Rata-rata			7.6873
	Sd			0.2019
Kacang hijau	1	2000.00	460.73	23.0365
	2	2000.00	485.35	24.2675
	3			
	Rata-rata			23.6520
	Sd			0.8704
Kacang koro pedang	1	2000.00	154.4	7.7200
	2	2000.00	203.48	10.1740
	3			
	Rata-rata			8.9470
	Sd			1.7352

2. Kurva standar amilosa (lama)

Konsentrasi amilosa standar Absorbansi
(mg/ml)

	x	y	x ²	y ²	xy
	0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.06	0.152	0.0036	0.0231	0.0091
	0.12	0.222	0.0144	0.0493	0.0266
	0.18	0.290	0.0324	0.0841	0.0522
	0.24	0.352	0.0576	0.1239	0.0845
	0.30	0.430	0.0900	0.1849	0.1290
Jumlah	0.90	1.4460	0.1980	0.4653	0.3014

$$y = a + bx$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = 0.0397$$

$$b = 1.3419$$

$$y = 0.0397 \pm 1.3419 x$$

$$r_i = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

$$r = 0.9855$$

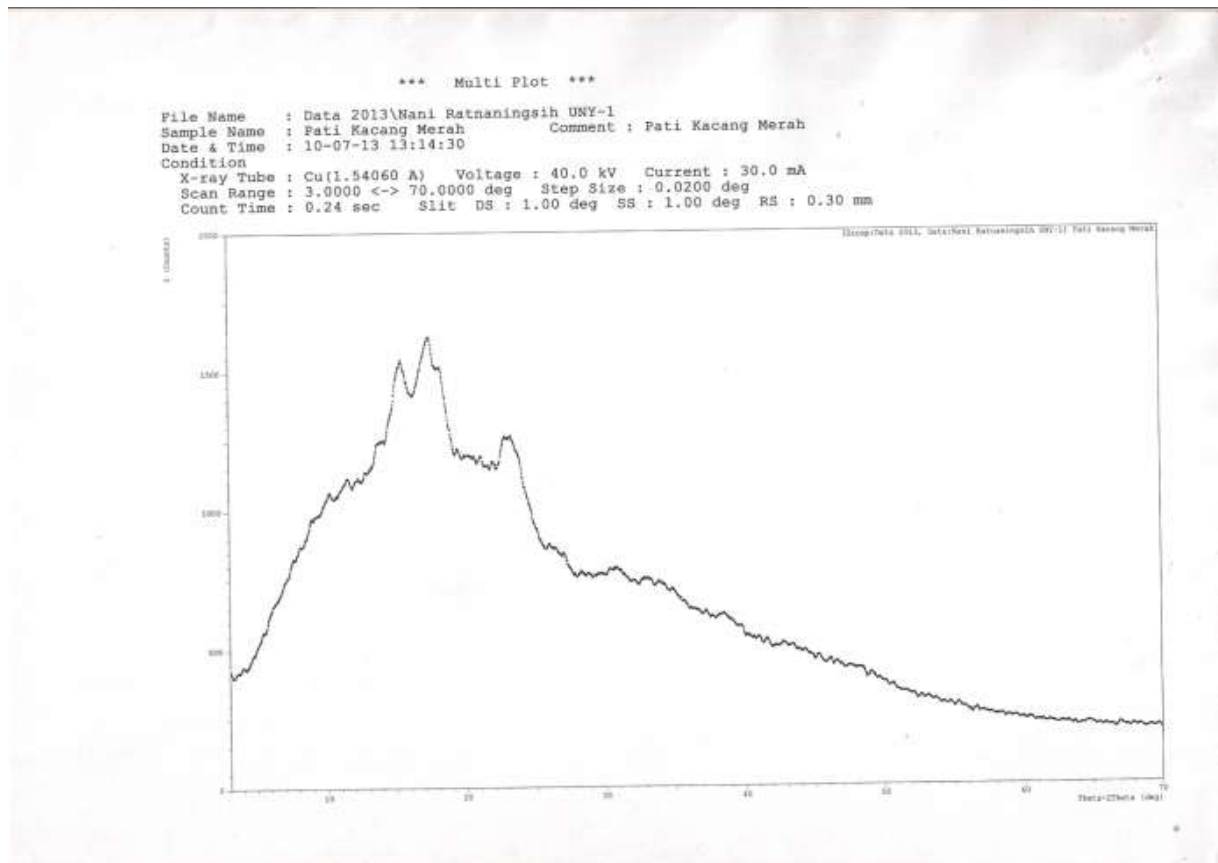
3. Kadar amilosa pati kacang-kacangan

Sampel	Ulangan	Berat sampel	Absorbansi	Kadar amilosa (% wb)	Kadar amilosa (% db)
Kacang merah	1	0.0072	0.19	38.8869	43.6975
	2	0.0072	0.2	41.4744	46.6051
	3	0.0057	0.16	39.3149	44.1785
		Rata-rata	0.1833	39.8921	44.8270
		Sd		1.3870	1.5585
Kacang tunggak	1	0.0072	0.16	31.1243	34.9746
	2	0.0058	0.15	35.4250	39.8073
	3	0.0058	0.15	35.4250	39.8073
		Rata-rata	0.1533	33.9914	38.1964
		Sd		2.4830	2.7901
Kacang koro putih	1	0.0069	0.17	35.1776	39.5293
	2	0.0078	0.20	38.2841	43.0201
	3	0.0078	0.20	38.2841	43.0201
		Rata-rata	0.1900	37.2486	41.8565
		Sd		1.7936	2.0154
Kacang hijau	1	0.0069	0.22	48.6778	54.6995
	2	0.0088	0.29	52.9873	59.5422
	3	0.0069	0.24	54.0778	60.7676
		Rata-rata	0.25	51.91429	58.33646
		Sd		2.85547	3.20871
Kacang koro pedang	1	0.0073	0.26	56.2188	63.1735
	2	0.0055	0.2	54.2938	61.0104
	3	0.0073	0.25	53.6667	60.3057
		Rata-rata	0.236666667	54.72646	61.49652
		Sd		1.32991	1.49443

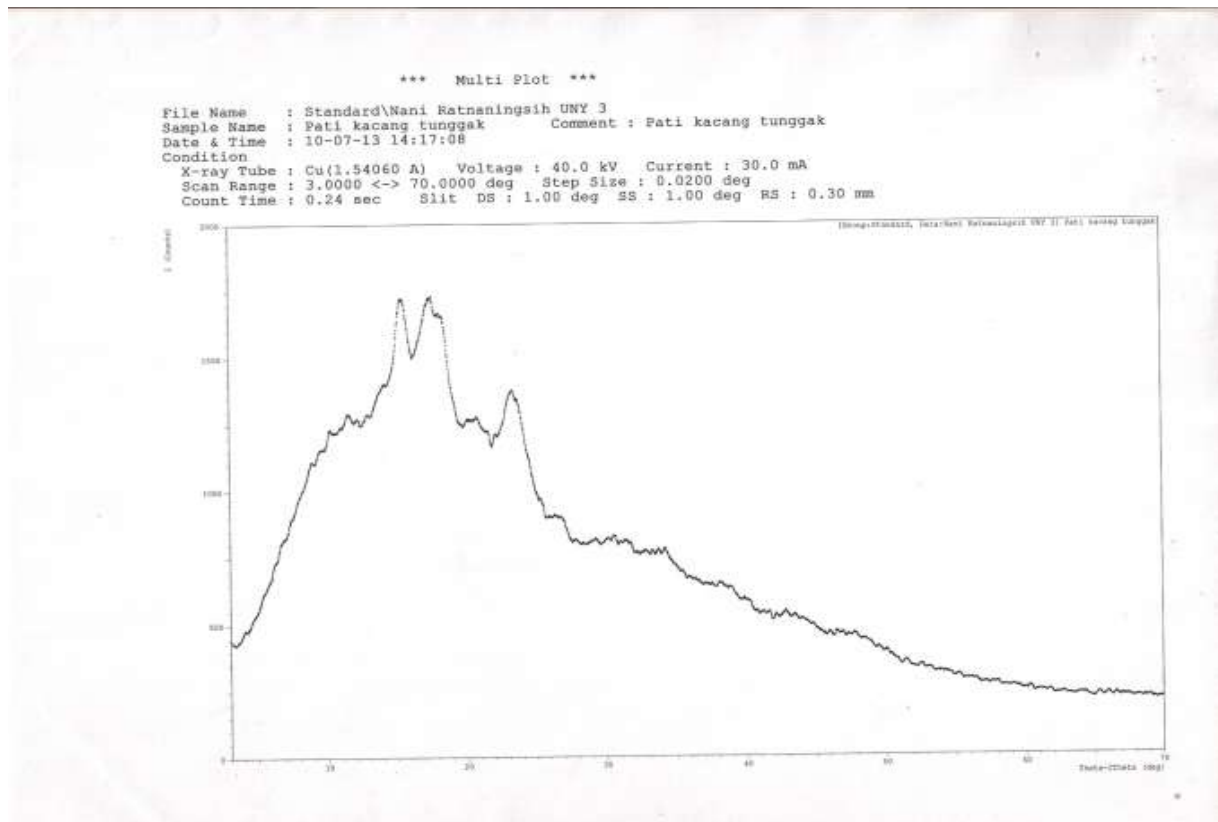
4. Warna pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	Ulangan	L	a	b
Kacang merah	1	95.62	0.21	3.93
	2	95.67	0.26	4.02
	3	95.35	0.20	3.66
	Rerata	95.55	0.22	3.87
	Sd	0.17	0.03	0.19
Kacang tunggak	1	94.31	0.95	5.03
	2	94.41	0.88	5.23
	3	94.6	0.98	5.35
	Rerata	94.44	0.94	5.20
	Sd	0.15	0.05	0.16
Kacang koro putih	1	95.50	-0.20	5.55
	2	95.45	-0.25	5.44
	3	95.37	-0.31	5.11
	Rerata	95.44	-0.25	5.37
	Sd	0.07	0.06	0.23
Kacang hijau	1	95.31	-1.14	8.38
	2	95.22	-1.19	8.08
	3	95.12	-1.12	7.8
	Rerata	95.22	-1.15	8.09
	Sd	0.10	0.04	0.29
Kacang koro pedang	1	96.51	-0.44	4.04
	2	96.23	-0.44	3.91
	3	96.01	-0.048	3.77
	Rerata	96.25	-0.31	3.91
	Sd	0.25	0.23	0.14

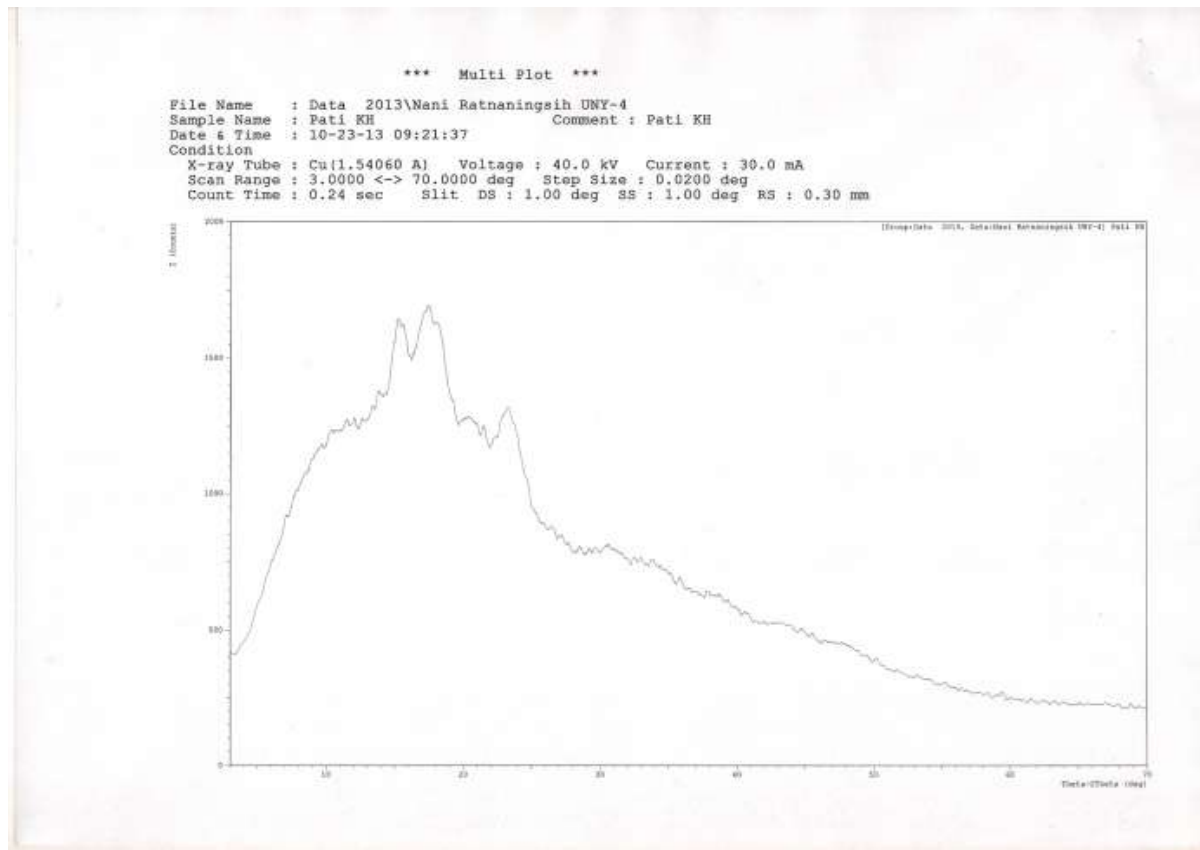
5. Difraktogram pati kacang merah



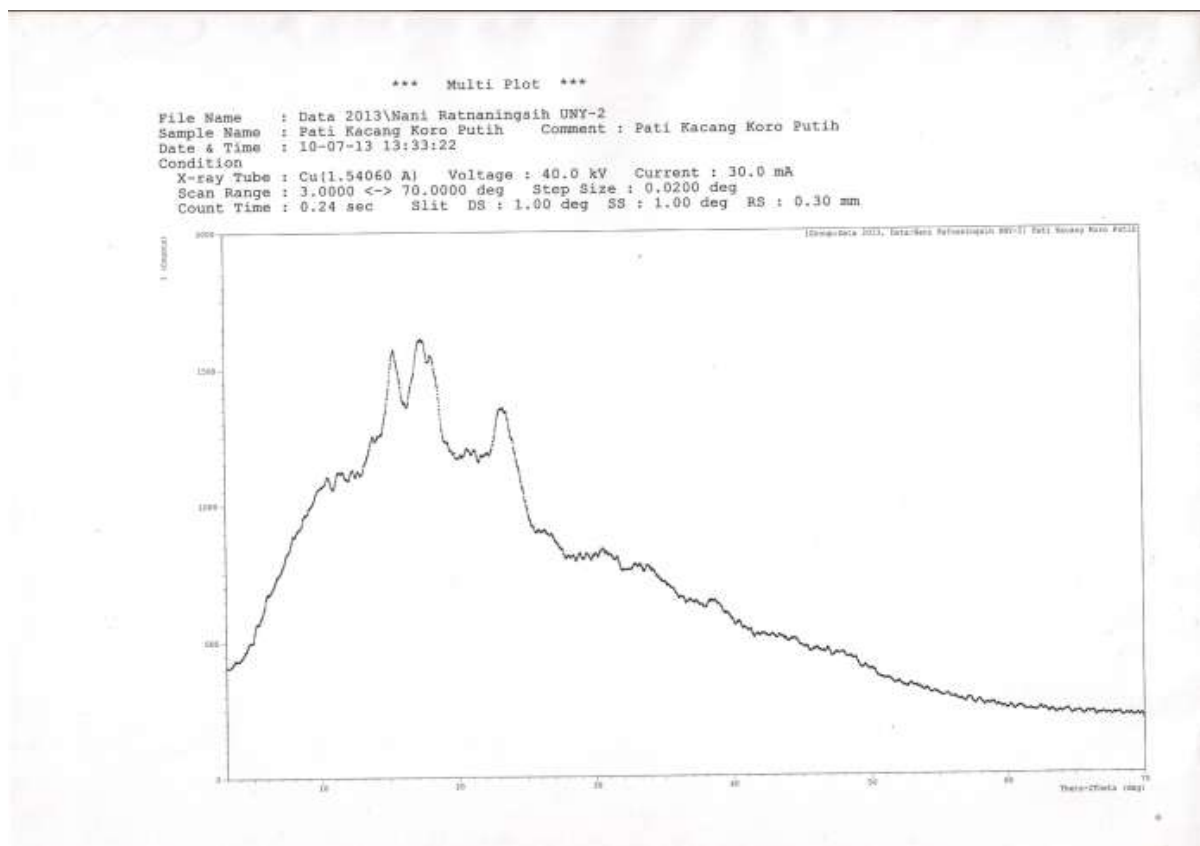
6. Difraktogram pati kacang tunggak



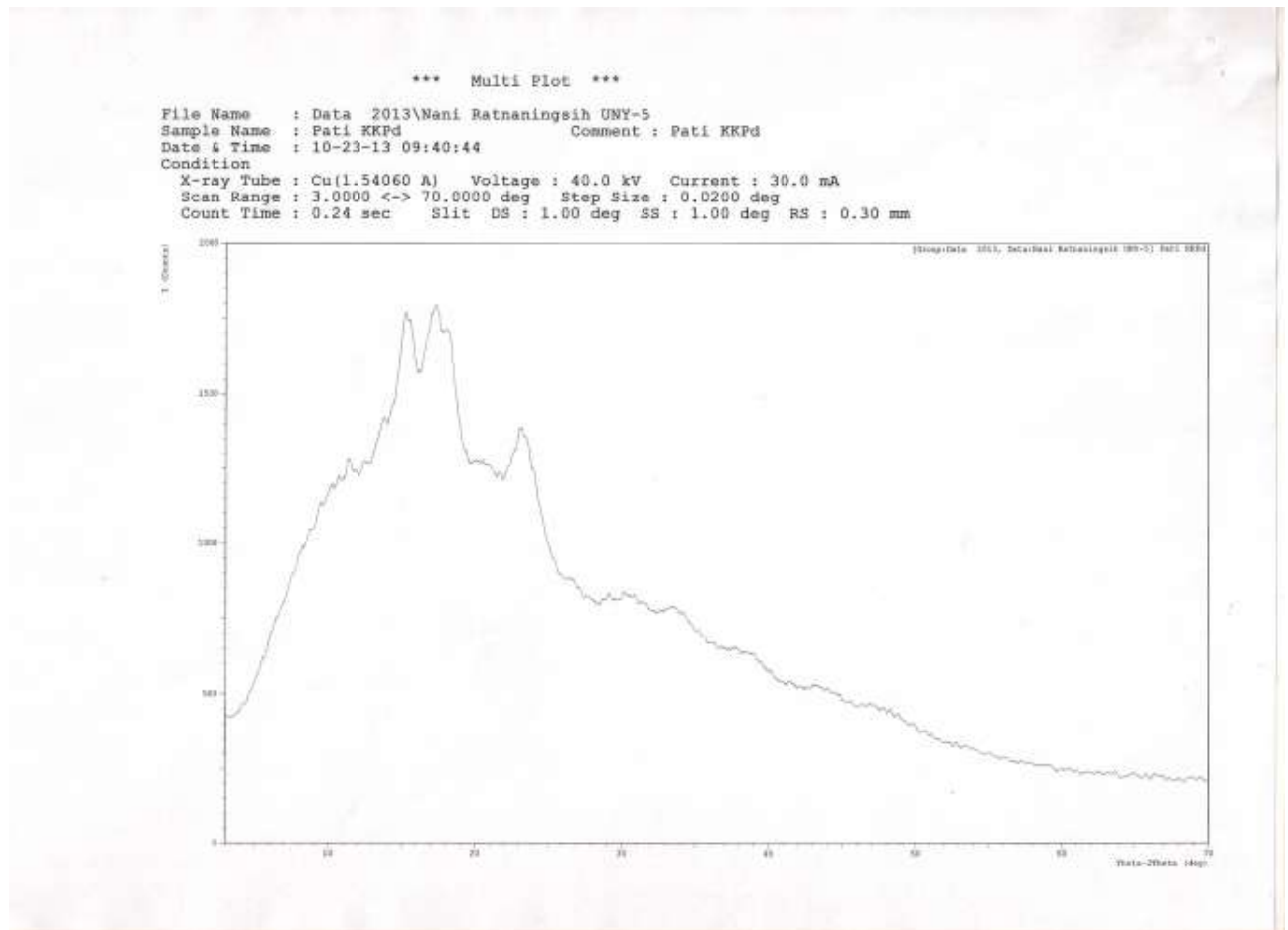
7. Difraktogram pati kacang hijau



8. Difraktogram pati kacang koro putih



9. Difraktogram pati kacang koro pedang



KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA PATI KACANG MERAH DAN PATI KACANG KORO PEDANG

¹Nani Ratnaningsih dan ²Y. Marsono

- 1) Jurusan Pendidikan Teknik Boga dan Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- 2) Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the physicochemical properties (chemical composition, amylose content, color, and crystalline type) of native legume starches, i.e. kidney bean (*Vigna umbellata*) and sword bean (*Canavalia ensiformis*). Research was done in two steps, i.e. starch extraction of legumes with wet milling method, and physicochemical properties analysis of native legume starches including chemical composition (water, ash, lipid, and protein content), amylose content, color, and crystalline type. The yield of starch was $25.49 \pm 3.38\%$ (kidney bean) and $8.95 \pm 1.74\%$ (sword bean). Chemical composition of legume starches (% dry basis) included water content 11.54 ± 0.06 and 8.39 ± 0.03 , ash 0.25 ± 0.02 and 0.23 ± 0.01 , protein 0.20 ± 0.07 and 0.38 ± 0.06 , and lipid 0.29 ± 0.02 and 0.16 ± 0.02 for kidney bean starch and sword bean starch, respectively. Amylose content of native starches was $44.83 \pm 1.56\%$ (kidney bean starch) and $61.50 \pm 1.49\%$ (sword bean starch). All native legume starches had similar color and tended to white color with *L* (lightness) values ranged from 95.55 ± 0.17 (kidney bean starch) to 96.25 ± 0.25 (sword bean starch), *a* values (greenness/redness) ranged from -0.31 ± 0.23 (sword bean starch) to 0.22 ± 0.03 (kidney bean starch), and *b* values (yellowness/blueness) ranged from 3.87 (kidney bean starch) to 3.91 ± 0.14 (sword bean starch). Crystalline structure of native kidney bean and sword bean starches had type C with the main peaks at 15° , 17° , and 23° 2θ .

Keywords: physicochemical properties, legume starch, kidney bean, sword bean

Pendahuluan

Kacang-kacangan (legume) merupakan tanaman biji berkeping dua yang termasuk famili Leguminosae, terdiri dari ± 750 genera dan 16.000-19.000 spesies (Hoover dkk, 2010). Di antara ribuan spesies legume, hanya sekitar 60 spesies yang dibudidayakan dan dikonsumsi sebagai bahan pangan bagi manusia, antara lain kedelai, kacang tanah, buncis, kacang polong, dan lentil (Satya dkk, 2010). Legume mengandung karbohidrat dalam jumlah dominan, yaitu 55-65% dari berat kering, terdiri dari pati dan polisakarida bukan pati (*non starch polysaccharides*) atau serat pangan, serta oligosakarida. Selain karbohidrat, legume juga mengandung protein tinggi sebesar 20-50% dan kadar lemak rendah sebesar 0,01-0,48% sehingga digunakan sebagai bahan pangan sumber protein dan diet bagi penderita penyakit kardiovaskuler, diabetes, dan kanker kolon (Hoover dkk, 2010; Satya dkk, 2010).

Kadar pati total pada legume berkisar 18-49% dengan kadar amilosa berkisar 11,6-88,0%. Sebagian besar pati legume mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pada pati *wrinkled pea* yang menunjukkan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010). Sementara itu Sandhu dan Lim (2008) melaporkan pati dari black gram, chickpea, kacang hijau, lentil, field pea, dan pigeon pea mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 27,2-33,5%. Legume juga kaya vitamin B kompleks (tiamin, riboflavin, dan niasin) dan mineral seperti K, Ca, Mg, Cu, Fe, dan Zn. Namun konsumsi legume dibatasi oleh adanya beberapa senyawa antigizi seperti α -galaktosida, inhibitor tripsin dan khimotripsin, fitat, lektin, dan polifenol sehingga mengganggu absorpsi zat-zat gizi di usus halus (Satya dkk, 2010).

Pati legume bersifat lambat dicerna, mempunyai indeks glikemik rendah, dan dapat difermentasi di usus besar sehingga menghasilkan asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid* atau SCFA) yang sangat menguntungkan bagi kesehatan kolon (Sandhu dan Lim, 2008). Oleh karena peran penting yang terdapat pada pati legume bagi kesehatan manusia, maka penelitian tentang pati dari berbagai spesies legume semakin meningkat, khususnya bagi industri pengolahan pangan dan ahli gizi yang mencari pati legume dengan sifat fungsional tertentu untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Kacang merah (*Vigna umbellata*) merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang sudah populer di masyarakat Indonesia. Konsumsi kacang merah selama ini dalam bentuk makanan dan minuman. Sebaliknya konsumsi kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) masih sangat terbatas karena adanya senyawa HCN dan konkanavalin A yang bersifat racun sehingga masyarakat enggan untuk mengonsumsi dan mengolah kacang koro pedang. Sampai saat ini penelitian pati legume di Indonesia masih sangat terbatas, termasuk pati dari kacang merah dan kacang koro pedang. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi karakteristik fisikokimia (komposisi kimia, kadar amilosa, warna, dan tipe struktur kristalin) pati alami dari kacang merah (*Vigna umbellata*) dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*). Dengan demikian hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pemanfaatan pati kacang merah dan kacang koro pedang pada produk pangan olahan.

Bahan dan Metode

Sampel dan bahan kimia

Sampel penelitian berupa kacang merah (*Vigna umbellata*) yang diperoleh dari Toko Suka Tani, Magelang dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) yang diperoleh dari distributor kacang-kacangan di Jl. Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Gambar 1 menunjukkan

sampel penelitian yang digunakan. Bahan-bahan kimia yang digunakan meliputi NaOH 0,2% dan HCl 0,1 N untuk ekstraksi pati; katalisator (campuran HgO dan Na₂SO₄, 1:20), H₂SO₄ pekat, larutan NaOH, asam borat 4%, indikator BCG+MR, HCl 0,022 N untuk pengujian kadar protein; petroleum eter untuk pengujian kadar lemak; serta etanol 95%, larutan iodin, standar amilosa, NaOH 1 M, asam sitrat 0,3 N, larutan KI 2%, dan aquades untuk pengujian kadar amilosa.



a. Kacang merah (*Vigna umbellata*)



b. Kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*)

Gambar 1. Sampel kacang merah dan kacang koro pedang

Ekstraksi pati kacang-kacangan

Ekstraksi pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Huang dkk (2007) dengan modifikasi. Proses ekstraksi pati kacang-kacangan dimulai dengan penghilangan kulit ari terlebih dahulu dengan menggunakan blender (kacang merah), sedangkan kacang koro pedang tidak dilakukan penghilangan kulit ari karena bijinya sangat keras dan ukurannya lebih besar daripada kacang-kacangan lainnya. Langkah berikutnya adalah perendaman dengan menggunakan aquabidest (rasio air:biji kacang = 3:1) selama 24 jam pada suhu 4°C untuk memperlunak biji sehingga mempermudah dalam proses penggilingan. Khusus untuk kacang koro pedang, proses perendaman dilakukan selama 3 hari untuk mengurangi kadar HCN yang cukup tinggi. Air perendam dibuang dan selanjutnya dilakukan penggilingan dengan blender pada kecepatan tinggi. Slurry yang diperoleh disaring dengan kain saring dan ditampung dalam wadah plastik. Bagian yang tidak tersaring diperas dan dikumpulkan untuk digiling kembali sebanyak 3 kali. Hasil penyaringan diendapkan selama 24 jam pada suhu 4°C. Bagian atas dibuang dan endapan yang ada ditambah dengan larutan 0,2% NaOH sampai pH 11 lalu diaduk sampai homogen. Selanjutnya diendapkan lagi selama 24 jam pada suhu 4°C. Langkah berikutnya dilakukan penambahan HCl 0,1 N sampai diperoleh pH 6 dan diendapkan lagi

selama 24 jam pada suhu 4°C, dicuci dengan aquabidest sampai diperoleh endapan pati berwarna putih. Endapan ini ditampung pada loyang aluminium dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Endapan pati yang sudah kering ini digiling dengan blender dan diayak ukuran 80 mesh. Pati yang diperoleh ini dimasukkan ke dalam wadah plastik kedap udara dan disimpan pada suhu 4°C sampai siap digunakan untuk analisis.

Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan pada biji dan pati alami kacang-kacangan meliputi analisis kadar air (metode thermogravimetri), abu (metode pengabuan kering), protein (metode mikro Kjeldahl), dan lemak (metode Soxhlet).

Pengujian kadar amilosa

Pengujian kadar amilosa dilakukan dengan metode Juliano (1971) dalam Mohammadkhani dkk (1999). Prinsip analisis amilosa adalah amilosa akan berwarna biru bila bereaksi dengan senyawa iod. Intensitas warna biru berbeda-beda tergantung pada kadar amilosa dalam bahan. Sebanyak 5 mg pati dimasukkan ke dalam *beaker glass* 25 ml dan ditambah 1 ml etanol dan 2,7 ml NaOH 1 M agar pati terdispersi dengan baik. Dispersi pati tersebut selanjutnya dipanaskan di dalam air mendidih selama 15 menit sehingga dapat tergelatinisasi dengan sempurna. Kemudian *beaker glass* didinginkan dan pati dicuci dengan air distilat sebanyak 2-3 kali dan dimasukkan ke dalam labu volumetrik 25 ml. Labu volumetrik divorteks dan kemudian diambil sebanyak 2,5 ml, dimasukkan ke dalam tabung reaksi terpisah, dinetralisir dengan 2 ml asam sitrat 0,3 N dan ditambah dengan 1 ml larutan iodin. Larutan iodin harus baru. Ke dalam tabung reaksi tersebut kemudian ditambahkan 14,5 ml air distilat, selanjutnya didinginkan dalam lemari es selama 20 menit. Setelah dingin, divorteks dan kemudian dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Untuk menghitung kadar amilosa, maka dibuat kurva standar amilosa sehingga kadar amilosa dapat dihitung.

Pengujian warna

Sampel pati alami kacang-kacangan dianalisis warnanya (nilai L, a, dan b) dengan Chromameter CR-400 (Konica Minolta Optics, Inc.) untuk mengetahui derajat keputihan pati.

Pengujian tipe struktur kristalin

Pengujian tipe struktur kristalin pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Hughes dkk (2009) menggunakan *X-ray diffractogram* tipe XRD-6000 (Shimadzu) dengan

radiasi $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$) pada kondisi operasional: tegangan 40 kV, arus 30 mA, waktu 0,24 detik, *aging time* 5 menit, *scatter slit width* 1,0 mm, *scanning range* 3-70°, *scan speed* 5,00°/min, dan *receiving slit width* 0,3 mm. Semua sampel diatur sampai kadar air setimbang ($\pm 23\%$) dalam desikator jenuh dengan larutan K_2SO_4 (25° C, $a_w = 0,98$) dan tertutup pada suhu ruang selama 2 hari sebelum dianalisis.

Hasil dan Pembahasan

Rendemen pati

Rendemen pati kacang-kacangan sebesar $8,95 \pm 1,74 \%$ pada kacang koro pedang dan $25,49 \pm 3,38 \%$ pada kacang merah (Tabel 1). Nampak bahwa rendemen pati yang diekstrak dari kacang koro pedang relatif rendah (kurang dari 10%) dibandingkan dengan kacang merah. Hal ini diduga disebabkan oleh karakteristik pati pada kacang koro yang terikat cukup kuat dengan komponen lain sehingga tidak dapat diekstrak secara sempurna. Hoover dkk (2010) melaporkan bahwa rendemen pati kacang-kacangan berkisar dari 12% (beach pea) sampai dengan 49% (pigeon pea). Selanjutnya Hoover dkk (2010) menyatakan rendemen pati kacang hijau, kacang tunggak, kacang merah berturut-turut sebesar 31%, 37%, dan 25-45%. Perbedaan rendemen ini disebabkan oleh metode ekstraksi yang berbeda (*wet milling* atau *dry milling*), kondisi ekstraksi (suhu, pH, kain saring), serta perbedaan jenis dan varietas bahan.

Tabel 1. Rendemen pati kacang-kacangan (%)

Sampel	Rendemen pati (%)
Kacang merah	$25,49 \pm 3,38$
Kacang koro pedang	$8,95 \pm 1,74$

Komposisi kimia pati

Komposisi kimia biji kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 2. Nampak bahwa kedua sampel mempunyai komposisi kimia yang hampir sama. Kadar air kedua jenis kacang masih di bawah 15%. Hal ini menunjukkan kedua sampel kacang-kacangan mempunyai tingkat kekeringan yang baik sehingga dapat mencegah kerusakan selama penyimpanan. Kadar abu sebesar $3,06 \pm 0,15\%$ (kacang koro pedang) dan $4,04 \pm 0,03\%$ (kacang merah). Tingginya kadar abu ini menunjukkan kacang-kacangan merupakan sumber mineral seperti K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn (Satya dkk, 2010). Protein kacang merah sebesar $26,71 \pm 0,76\%$ dan kacang koro pedang $28,33 \pm 0,69\%$ sehingga kedua jenis kacang-kacangan tersebut dapat berfungsi sebagai bahan pangan sumber protein nabati. Lemak pada kacang-kacangan relatif rendah, yaitu $1,61 \pm 0,02\%$ (kacang merah) dan $1,70 \pm 0,02\%$ (kacang koro pedang). Dengan demikian kacang-kacangan

merupakan bahan pangan yang rendah lemak sehingga dapat digunakan sebagai makanan fungsional bagi penderita hiperkholesterolemia.

Tabel 2. Komposisi kimia biji kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel biji	Air		Abu		Protein		Lemak	
Kacang merah	12,37	± 0,13	4,04	± 0,03	26,71	± 0,76	1,61	± 0,02
Kacang koro pedang	13,15	± 0,07	3,06	± 0,15	28,33	± 0,69	1,70	± 0,02

Komposisi kimia pati kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 3. Bila dibandingkan dengan data Tabel 2, pati kacang-kacangan sudah memiliki tingkat kemurnian yang cukup tinggi karena rendahnya kadar abu, protein, dan lemak. Kandungan mineral, protein, dan lemak yang rendah ini sangat mempengaruhi pembentukan RS3.

Tabel 3. Komposisi kimia pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Air		Abu		Protein		Lemak	
Kacang merah	11,54	± 0,06	0,25	± 0,02	0,20	± 0,07	0,29	± 0,02
Kacang koro pedang	8,39	± 0,03	0,23	± 0,01	0,38	± 0,06	0,16	± 0,02

Kadar abu yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan mineral yang dapat mencegah pembentukan RS3. Ion-ion tertentu seperti kalsium dan kalium dapat menurunkan pembentukan RS karena diduga ion tersebut dapat mencegah pembentukan ikatan hidrogen antara rantai amilosa dan amilopektin. Hoover dkk (2010) merangkum komposisi kimia pati kacang-kacangan terdiri dari lemak total berkisar 0,01-1,40% dan protein berkisar 0,01-0,43%. Lipid dapat membentuk kompleks amilosa-lipid yang menyebabkan semakin sedikit rantai amilosa yang tersedia untuk pembentukan RS3. Kompleks amilosa-lipid bersifat dapat didegradasi oleh enzim. Penurunan pencernaan pati ini tergantung oleh jenis lipid (monogliserida membentuk kompleks yang sangat resisten terhadap amilolisis) dan rasio amilosa:amilopektin (Marsono, 1998; Sajilata dkk, 2006).

Rendahnya kadar protein pada kedua sampel pati kacang-kacangan dapat mempengaruhi pembentukan RS3. Interaksi pati-protein dapat mengurangi pembentukan RS, misal pati kentang ditambah dengan albumin kemudian dipanaskan lalu didinginkan (Sajilata dkk, 2006). Pada beberapa pangan olahan, protein dapat menyebabkan enkapsulasi granula pati dan menjadi penghalang fisik yang dapat membatasi aksesibilitas enzim amilase sehingga meningkatkan resistensi pati dan menunda pencernaan pati secara *in vitro* (Singh dkk, 2010).

Kadar amilosa pati

Kadar amilosa pati kacang merah sebesar $44,83 \pm 1,56$ % dan pati kacang koro pedang $61,50 \pm 1,49$ % (Tabel 4). Hoover dkk (2010) melaporkan kadar amilosa pada pati kacang-kacangan berkisar dari 11,6% (pati yam bean) sampai dengan 88,0% (pati wrinkled pea). Amilosa pada pati kidney bean (kacang merah) berkisar dari 34,0-41,%, sedangkan pada pati cowpea (kacang tunggak) berkisar 25,8-33,0% dan pati mung bean (kacang hijau) berkisar 33,0-45,3%. Perbedaan kadar amilosa ini dipengaruhi oleh perbedaan metode analisis kadar amilosa, perbedaan jenis dan varietas, serta perbedaan kondisi fisiologis biji kacang-kacangan (Hoover dkk, 2010).

Tabel 4. Kadar amilosa pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Kadar amilosa
Kacang merah	44,83 \pm 1,56
Kacang koro pedang	61,50 \pm 1,49

Makin tinggi kadar amilosa dapat menurunkan pencernaan pati karena terdapat korelasi positif antara kadar amilosa dengan pembentukan RS. Makin banyak amilosa maka pati makin sulit mengalami gelatinisasi dan makin mudah bergabung membentuk struktur kristal padat atau mengalami retrogradasi (Marsono, 1998; Topping dkk, 2003). Sebagai contoh tepung jagung tinggi amilosa dengan kadar amilosa 70% mempunyai RS sebesar 20 g/100 g berat kering dan tepung jagung biasa dengan kadar amilosa 25% hanya mengandung RS sebesar 3 g/100 g berat kering (Sharma dkk, 2008).

Menurut Sharma dkk (2008), amilosa merupakan rantai lurus yang bersifat amorf, sedangkan amilopektin merupakan rantai bercabang yang bersifat kristalin. Rantai lurus pada amilosa membatasi akses β -amilase ke dua terminal unit glukosa pada rantai amilosa di dalam usus halus karena membentuk lipatan. Sebaliknya, amilopektin mempunyai banyak rantai cabang dan memberikan lebih banyak terminal unit glukosa sehingga lebih mudah diakses oleh enzim β -amilase.

Panjang rantai amilosa mempengaruhi pembentukan RS. Eerlingen dkk (1993) membuktikan agregasi heliks amilosa dalam stuktur kristalin tipe B dapat meningkatkan kadar RS. Pembentukan struktur heliks ganda membutuhkan derajat polimerisasi (DP) amilosa minimal 10 unit glukosa dan maksimal 100 unit glukosa (Haralampu, 2000), sedangkan Tharanathan dan Mahadevamma (2003) menyebutkan minimal 30-40 unit glukosa. Sementara itu pembentukan RS3 pada pangan olahan melibatkan retrogradasi amilosa. Laju dan banyaknya pati yang mengalami retrogradasi setelah gelatinisasi sangat ditentukan oleh

banyaknya amilosa. Amilosa teretrogradasi pada kacang polong, jagung, gandum, dan kentang bersifat sangat resisten terhadap amilolisis (Sajilata dkk, 2006).

Warna pati

Warna adalah sifat penampilan suatu bahan yang berhubungan dengan distribusi sinar yang mengenai bahan tersebut. Secara fisika, warna merupakan karakteristik sinar yang dapat diukur dengan intensitas (energi radiasi) dan panjang gelombang. Warna pati alami kacang-kacangan diukur dengan kromameter CR-400 Konica Minolta yang pengukurannya berdasarkan sistem Hunter. Sistem Hunter disebut juga warna seragam (*uniform-color*) dan warna lawan (*opponent-color*) berdasarkan teori warna. Pada teori ini diasumsikan bahwa terdapat tombol sinyal intermediet (*intermediate signal-switching*) antara reseptor sinar dalam retina dan syaraf optik yang mentransmisikan sinyal warna ke otak. Dalam mekanisme ini, respon warna merah dibandingkan dengan warna hijau dan menghasilkan dimensi warna merah kehijauan (*red-to-green*). Respon warna hijau dibandingkan dengan biru dan menghasilkan dimensi warna kuning kebiruan (*yellow-to-blue*). Dua dimensi warna ini dinyatakan dengan simbol a dan b. Dimensi warna ketiga adalah *lightness* (L) yang non-linear dan biasanya menunjukkan akar kuadrat dari Y.

Instrumen pada sistem Hunter terdiri dari 3 sirkuit yang terpisah, filter dan fotosel yang mendekati fungsi X, Y, dan Z pada sistem CIE. Nilai Rd (*diffuse reflectance*) atau L (*lightness*) pada sistem Hunter dapat dibandingkan secara langsung dengan nilai Y pada sistem CIE atau *value* pada sistem Munsell. Nilai a positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kehijauan (*greenness*) dan nilai a negatif menunjukkan warna kemerahan (*redness*), sedangkan nilai b positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kekuningan (*yellowness*) dan nilai b negatif menunjukkan kebiruan (*blueness*). Nilai L berkisar dari 0 (hitam) sampai dengan 100 (putih). Nilai a berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kemerahan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kehijauan. Nilai b berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kekuningan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kebiruan.

Warna pati alami kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 5 yang menunjukkan kedua sampel pati mempunyai warna putih dengan derajat keputihan atau nilai L sebesar $95,55 \pm 0,17$ (pati kacang merah) dan $96,25 \pm 0,25$ (pati kacang koro pedang), nilai a sebesar $-0,31 \pm 0,23$ (pati kacang koro pedang) dan $0,22 \pm 0,03$ (pati kacang merah), dan nilai b sebesar $3,87 \pm 0,19$ (pati kacang merah) dan $3,91 \pm 0,14$ (pati kacang koro pedang).

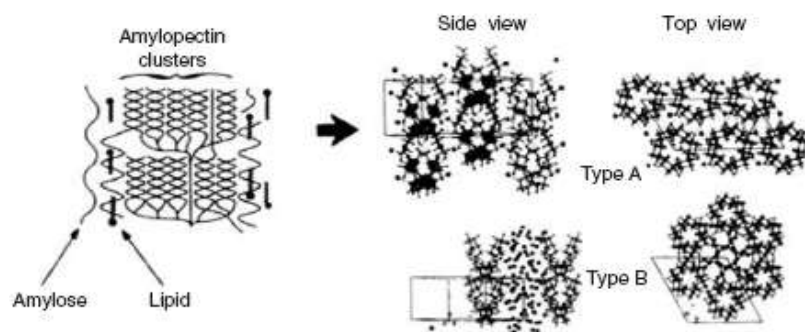
Tabel 5. Hasil pengukuran warna pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	L		a		b	
Kacang merah	95,55	± 0,17	0,22	± 0,03	3,87	± 0,19
Kacang koro pedang	96,25	± 0,25	-0,31	± 0,23	3,91	± 0,14

Tipe struktur kristalin

Difraksi sinar X menunjukkan granula pati bersifat semikristalin sebagai akibat tingginya derajat orientasi molekul glukosa. Sekitar 70% dari massa granula pati bersifat amorf yang disusun terutama oleh amilosa meskipun ada sebagian kecil amilopektin, dan 30% bersifat kristalin yang disusun oleh amilopektin. Ada 4 tipe struktur kristalin pati berdasarkan difraksi sinar X, yaitu tipe A, tipe B, tipe C, dan tipe V. Keempat tipe tersebut dipengaruhi oleh panjang rantai amilopektin, densitas kemasan dalam granula, dan keberadaan air. Tipe A dan tipe B merupakan modifikasi kristalin sesungguhnya, sedangkan tipe C dan tipe V merupakan bentuk campuran (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008).

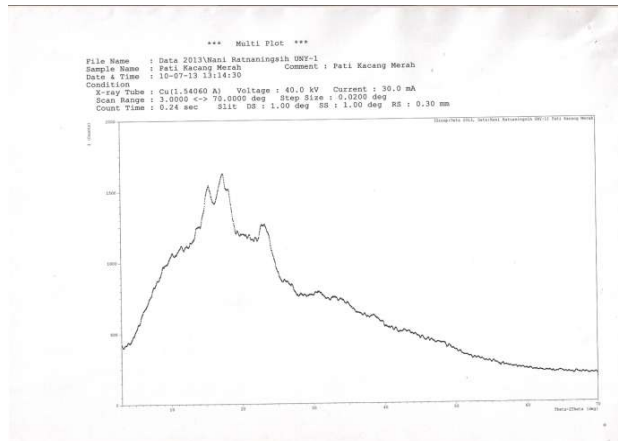
Menurut Sajilata dkk (2006), struktur tipe A mempunyai amilopektin dengan panjang rantai 23-29 molekul glukosa. Ikatan hidrogen antar gugus hidroksil dari rantai molekul amilopektin menghasilkan pembentukan struktur heliks ganda terluar. Pada antar *micelle* ini, rantai lurus amilosa dikemas oleh ikatan hidrogen dengan rantai lurus dari amilopektin paling luar. Pola ini banyak dijumpai pada pati sereal. Struktur tipe B disusun oleh amilopektin dengan panjang rantai 30-44 molekul glukosa dan molekul air berada menyebar di dalam (*inter-spread*). Pola ini umumnya dijumpai pada pati kentang mentah dan pati pisang. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B ditunjukkan pada Gambar 2.



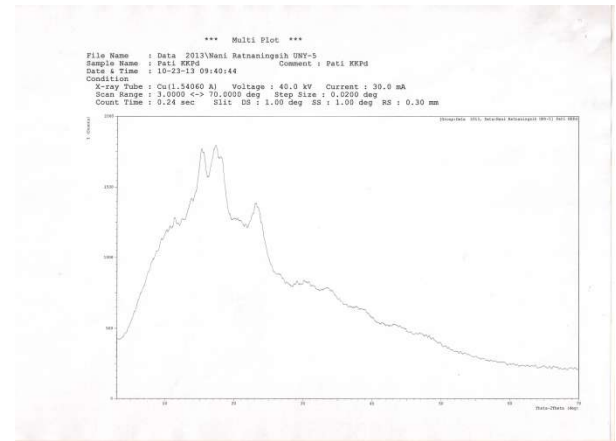
Gambar 2. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B

Sumber: Perez dkk (2009) dalam BeMiller dan Whistler (2009)

Struktur kristalin pati alami kacang-kacangan ditentukan dengan X-Ray Diffractometer (XRD-6000, Shimadzu). Difraktogram pati alami kacang-kacangan disajikan pada Gambar 3.



a. Difraktogram pati kacang merah



b. Difraktogram pati kacang koro pedang

Gambar 3. Difraktogram pati kacang merah dan pati kacang koro pedang

Berdasarkan difraktogram tersebut diperoleh puncak utama dengan karakteristik seperti pada Tabel 6. Nampak ada 3 puncak utama, yaitu pada 15° , 17° , dan 23° 2θ pada kedua sampel pati alami kacang-kacangan. Hal ini mengindikasikan bahwa pati alami kacang merah dan kacang koro pedang mempunyai struktur kristalin tipe C.

Tabel 6. Karakteristik puncak utama (*major peaks*) pada difraktogram pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	Peak 1		Peak 2		Peak 3	
	Intensity (counts)	Bragg angle ($^\circ 2\theta$)	Intensity (counts)	Bragg angle ($^\circ 2\theta$)	Intensity (counts)	Bragg angle ($^\circ 2\theta$)
Kacang merah	234	15,3800	280	17,4066	174	23,3300
Kacang koro pedang	296	15,3180	314	17,3766	209	23,3200

Struktur tipe C disusun oleh amilopektin dengan panjang rantai 26-29 molekul glukosa dan merupakan kombinasi struktur tipe A dan tipe B. Pola ini banyak ditemukan pada polong-polongan dan kacang-kacangan. Struktur tipe V dijumpai pada pati yang mengalami pembengkakan dan menggambarkan amilosa yang diperoleh sebagai heliks tunggal dan dikristalkan bersama (*co-crystalized*) dengan senyawa seperti iodin, dimetil disulfida (DMSO), alkohol atau asam lemak, namun tidak dilibatkan dalam heliks amilosa. Pada kompleks amilosa-lipid diasumsikan bagian alifatik dari lipid terletak di bagian dalam dari heliks amilosa, sedangkan bagian polar terletak di bagian luar sehingga menjadi terlalu besar untuk dikeluarkan. Kompleks amilosa-lipid dapat bersifat kristalin atau amorf tergantung pada suhu pembentukan kompleks tersebut. Struktur tipe V juga dapat diperoleh dari pemanasan pati mentah dengan jumlah air terbatas sehingga terjadi penggabungan pati dengan lipid (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008).

Sebagian besar pati kacang-kacangan mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pati *wrinkled pea* dengan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010). Sandhu dan Lim (2008) melaporkan pati dari *black gram*, *chickpea*, kacang hijau, lentil, *field pea*, dan *pigeon pea* mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 27,2-33,5%.

Kesimpulan

Rendemen pati sebesar $25,49 \pm 3,38\%$ (kacang merah) and $8,95 \pm 1,74\%$ (kacang koro pedang). Komposisi kimia (% berat kering) pati kacang merah dan pati kacang koro pedang meliputi kadar air $11,54 \pm 0,06\%$ dan $8,39 \pm 0,03\%$, abu $0,25 \pm 0,02\%$ dan $0,23 \pm 0,01\%$, protein $0,20 \pm 0,07\%$ dan $0,38 \pm 0,06\%$, serta lemak $0,29 \pm 0,02\%$ dan $0,16 \pm 0,02\%$. Kadar amilosa pati alami kacang-kacangan sebesar $44,83 \pm 1,56\%$ (pati kacang merah) dan $61,50 \pm 1,49\%$ (pati kacang koro pedang). Kedua pati alami kacang-kacangan mempunyai warna hampir sama dan cenderung ke warna putih dengan nilai L (lightness) sebesar $95,55 \pm 0,17$ (pati kacang merah) dan $96,25 \pm 0,25$ (pati kacang koro pedang), nilai *a* (greenness/redness) sebesar $-0,31 \pm 0,23$ (pati kacang koro pedang) dan $0,22 \pm 0,03$ (pati kacang merah), dan nilai *b* (yellowness/blueness) sebesar $3,87 \pm 0,19$ (pati kacang merah) dan $3,91 \pm 0,14$ (pati kacang koro pedang). Struktur kristalin pati alami kacang merah dan kacang koro pedang mempunyai tipe C dengan puncak utama pada 15° , 17° , and 23° 2θ .

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan bantuan dana sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Nomor: 28/HB-Multitahun/UN 34.21/2013.

Daftar Pustaka

- BeMiller, J. dan R. Whistler. 2009. Starch: Chemistry and Technology. Third Edition. Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Eerlingen RC, Deceuninck M, dan Delcour JA. 1993. Enzyme-resistant starch. II. Influence of amylose chain length on resistant starch formation. Cereal Chemistry 70 (3):345–50.
- Güzel, D. dan Sedat Sayar. 2010. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. J Food Sci Technol. DOI 10.1007/S13197-011-0260-0
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3. Carbohydr Polymer 41:285–92.

- Hoover, R., T. Hughes, H.J. Chung, Q. Liu. 2010. Composition, Molecular Structure, Properties, and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International* 43: 399–413. doi:10.1016/J.Foodres.2009.09.001
- Huang, J., Schols, H. A., Van Soest, J. J. G., Jin, Z., Sulmann, E., dan Voragen, G. J. A. 2007. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. *Food Chemistry*, 101, 1338–1345. doi:10.1016/j.foodchem.2006.03.039.
- Hughes, T., R. Hoover, Q. Liu, E. Donner, R. Chibbar, dan S. Jaiswal. 2009. Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicerarietinum* L.) cultivars grown in Canada. *Food Research International* 42 (2009) 627–635. doi:10.1016/j.foodres.2009.01.008.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16:334-338.
- Marsono, Y., P. Wiyono, dan Zuheid Noor. 2001. Penentuan Indeks Glisemik Kacangkacangan, Faktor Determinan dan Uji Efek Hipoglikemiknya. http://lib.ugm.ac.id/digitasi/index.php?module=cari_hasil_full&idbuku=432
- Mohammadkhani, A., F. L. Stoddard, D. R. Marshal, M. N. Uddin, dan X. Zhao. Starch extraction and amylose analysis from half seeds. *Starch/Stärke* **1999**, 51, 62–66.
- Perez, S., Paul M. Baldwin, dan Daniel J. Gallant. 2009. Structural Features of Starch Granules I. Dalam BeMiller, J. dan R. Whistler. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. Third Edition. Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Satya, S., Geetanjali Kaushik, S. N. Naik. 2010. Processing of food legumes: a boon to human nutrition. *Mediterr J Nutr Metab* (2010) 3:183–195. DOI 10.1007/s12349-010-0017-8
- Sajilata, M.G. Rekha S. Singhal, dan Pushpa R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 1–17.
- Sandhu, K. S., & Lim, S. 2008. Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. *Carbohydrate Polymers*, 71, 245–252. doi:10.1016/j.carbpol.2007.05.036
- Sharma, A., Yadav, B. S., & Ritika. 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International*, 24, 193–234.
- Tharanathan, R.N. dan S. Mahadevamma. 2003. Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14 (2003) 507–518. doi:10.1016/j.tifs.2003.07.002